UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

“PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN “LEAN CONSTRUCTION” EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN DE UN PROYECTO”

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

KEVIN EDISON RONCEROS PONCE
ID: 0009-0005-1205-3833

ASESOR

Mag. OSCAR GUILLERMO MIRANDA HOSPINAL
ID: 0000-0002-0949-5295

LIMA – PERÚ
2024

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.
“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”
Ronceros Ponce, Kevin Edison
kevin.ronceros.p@uni.pe
Celular: +51 968 207 780

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre Gloria Ponce, por incentivar la ingeniería en mi vida y a perseguir las metas en mi desarrollo profesional, a mis tíos por el apoyo durante mi preparación, a mi padre, por las anécdotas que me llevaron a estudiar ingeniería civil, a mis hermanos, por las lecciones aprendidas que vivimos juntos, a Siahra, por ser parte del impulso que necesitaba en este recorrido, al grupo LEAN UNI por insertarme en el mundo de la gestión de proyectos, y a mis maestros que me enseñaron y motivaron.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al éxito de este proyecto y a la finalización de esta tesis.

En primer lugar, a mi madre Gloria Ponce Inga, por el apoyo a lo largo de toda mi vida para convertirme en un profesional de la UNI y por ser parte de la inspiración para lograr mis metas, por estar siempre a mi lado preocupándose por mi desarrollo personal y profesional. Por incentivarme a terminar la tesis y a buscar constantemente nuevas metas a corto y largo plazo. Gracias por todo el sacrificio que hiciste para que pueda llegar hasta este momento, donde presento esta investigación a la altura del esfuerzo que hiciste por mí.

Agradezco a mi “Alma Mater”, la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería por brindarme la oportunidad de ser un profesional egresado de sus aulas y por la formación académica de gran calidad.

Agradezco a mi asesor de tesis el Mag. Ing. Oscar Miranda Hospinal por su valiosa orientación, apoyo constante y valiosos comentarios que fueron fundamentales para dar forma, mejorar y desarrollar la presente investigación en toda su magnitud. Desde las etapas exploratorias, el análisis académico, hasta la propuesta presentada en este documento y la aplicación en un proyecto de construcción. Sin su respaldo y apoyo a lo largo de todos los meses que duró esta investigación, no hubiera sido posible concluirlo.

Agradezco a los expertos consultados en esta investigación, por su disposición en brindar parte de su tiempo en la asesoría, en el diseño de la investigación y en el constante feedback en las etapas iniciales, para formular la metodología de investigación en un sentido que tenga validez científica. Gracias por compartir sus buenas prácticas en la aplicación de Lean Construction en los proyectos, en general por compartir conocimiento de forma incondicional.

Agradezco a los profesionales peruanos por brindar parte de su tiempo en responder la encuesta, que forma parte del estudio exploratorio para identificar buenas prácticas locales en la gestión de los proyectos de construcción en el Perú.

Agradezco a mi familia por su inquebrantable apoyo emocional y comprensión a lo largo de este viaje académico. Sus palabras alentadoras y su paciencia fueron una fuente inagotable de motivación.

También agradezco a mis amigos y colegas de la asociación estudiantil LEAN UNI que compartieron ideas, brindaron perspectivas únicas y ofrecieron su retroalimentación en momentos clave. Como en la presentación de una parte de esta investigación en el concurso de ponencias académicas del XXX CONEIC 2023.

Agradezco al grupo LEAN UNI por introducirme en el mundo de la gestión de proyectos bajo el pensamiento de la filosofía LEAN, por darme la oportunidad de conocer grandes referentes en Lean Construction y de poder escribir mi primer artículo de investigación para el International Group for Lean Construction (IGLC 2020).

Finalmente, a todos aquellos que, de una manera u otra, contribuyeron a este proyecto, les estoy agradecido por su generosidad y colaboración.

Este logro no habría sido posible sin el apoyo de todos ustedes. Muchas gracias.

Bach. Ing. Kevin Edison Ronceros Ponce

ÍNDICE

Resumen 5

Abstract 7

Prólogo 9

Lista de tablas 10

Lista de figuras 13

Lista de siglas 18

Capítulo I: Introducción 20

1.1 Generalidades 20

1.2 Realidad problemática 23

1.2.1 Problema principal 25

1.2.2 Preguntas respecto a los problemas secundarios 25

1.3 Justificación 25

1.4 Objetivos de estudio 26

1.4.1 Objetivo general 26

1.4.2 Objetivos especificos 26

1.5 Formulación de hipótesis de investigación 27

1.5.1 Hipótesis principal 27

1.5.2 Hipótesis secundaria 27

1.6 Antecedentes referenciales 27

Capítulo II: Marco teórico y conceptual 32

2.1 Lean 32

2.1.1 Toyota production system 32

2.1.2 Lean Manufacturing 35

2.1.3 Lean Construction 38

2.2 Conceptos y herramientas lean 43

2.2.1 Producción Just in Time 44

2.2.2 Jidoka: Automatización 45

2.2.3 Kaizen: Mejoramiento continuo 45

2.2.4 Heijunka: Producción flexible 45

2.2.5 Visual Management: Gestión Visual 46
2.2.6 VSM: Value Stream Mapping 46
2.2.7 5S: Ordenar, limpiar, clasificar, estandarizar, sostener 47
2.2.8 Gemba 49
2.2.9 Lineas de Balance (LOB) 49
2.2.10 Andon 50
2.2.11 Kanbam 51
2.2.12 Buffers 52
2.2.13 Poka Yoke 53
2.2.14 Pérdidas: Mura, muri, muda 54
2.3 Pensamiento A3 55
2.4 Evento kaizen 56
2.5 Madurez lean 57
2.5.1 Concepto de madurez 57
2.5.2 Madurez e inmadurez de una organización de construcción 58
2.5.3 Modelo de madurez 59
Capítulo III: Metodología de investigación 62
3.1 Generalidades 62
3.2 Alcance y nivel de investigación 63
3.2.1 Alcance de la investigación 63
3.2.2 Nivel de la investigación 64
3.3 Enfoque y diseño de investigación 66
3.3.1 Enfoque de investigación 66
3.3.2 Diseño de investigación 67
3.4 Investigación exploratoria 71
3.4.1 Revisión de la literatura 71
3.4.2 Consulta a expertos en la industria de la construcción global 72
3.4.3 Consulta a profesionales en la industria de la construcción local 73
Capítulo IV: Modelos de madurez 77
4.1 Modelos de madurez Lean Construction 77
4.1.1 Modelo de Diagnóstico de Madurez de Lean Construction (MDMLC) 77

4.1.2 Modelo - Herramienta de Evaluación Lean para Proyectos de Construcción (HELPC) 78
4.1.3 Modelo de Evaluación Rápido de Lean Construction - Calidad (LCR) 81
4.1.4 Modelo de Análisis y Evaluación de Constructoras en Relación con el uso de Lean Construction (MAELC) 83
4.1.5 Modelo - Auditoria Lean - C. Rolim Ingeniería (ALC) 88
4.1.6 Modelo de Madurez de Lean Construction (LCMM) 92
4.1.7 Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC) 99
4.1.8 Modelo - Evaluación de Salud y Madurez de LCI Lean IPD (LCI Lean IPD) 101
4.1.9 Modelo de Evolución de la Madurez de Lean Construction en la Gestión de Producción de Proyectos de Construcción (SLC-EModel) 104
4.2 Análisis de los modelos de madurez 114
4.2.1 Análisis de contenido 114
4.2.2 Choosing by Advantages (CBA) para la elección del modelo de madurez 115
Capítulo V: Estrategias de mejora continua 119
5.1 Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA) 119
5.2 Toyota Kata 120
5.2.1 Kata de mejora 122
5.2.2 Kata de entrenamiento 124
5.3 Seis pasos hacia la mejora 126
5.4 Metodología de mejora de procesos de construcción para proyectos de construcción 129
5.5 Administrar la mejora con SDCA & PDCA 131
5.6 Modelo para el desarrollo de proyectos kaizen 132
5.7 Mecanismo de pensamiento cientifico - Scientific Thinking Mechanism (STM) 134
5.8 Metodología para la mejora continua en la construcción 135
Capítulo VI: Propuesta de metodología sistematizada para la gestión de producción de proyectos de construcción 140
6.1 Metodología propuesta 140
6.1.1 Primera etapa: Conocer el desafío 143

6.1.2 Segunda etapa: Conocer el estado actual 144
6.1.3 Tercera etapa: Definir el objetivo de evolución 144
6.1.4 Cuarta etapa: Establecer la estrategia 144
6.1.5 Quinta etapa: Evaluar la madurez alcanzada 150
6.2 Consideraciones basicas para las rutinas de mejora continua 150
Capítulo VII: Evaluación y validación de la metodología 152
7.1 Descripción del proyecto 152
7.2 Consideraciones previas a la aplicación del metodo propuesto 154
7.3 Aplicación del metodo propuesto 157
7.3.1 Primera etapa: Conocer el desafío 157
7.3.2 Segunda etapa: Conocer el estado actual 158
7.3.3 Tercera etapa: Comprender la condición objetivo 160
7.3.4 Cuarta etapa: Establecer la estrategia 165
7.4 Validación del metodo propuesto 183
Capítulo VIII: Resultados 184
8.1 Nivel de madurez global 184
8.2 Indicadores y herramientas 186
8.2.1 Carta Balance 186
8.2.2 Value String Mapping (VSM) 189
8.2.3 Reporte de producción de calzaduras 190
8.2.4 Porcentaje de Plan Completado (PPC) 191
8.2.5 Causas de No Cumplimiento (CNC) 192
8.2.6 Liberación de Restricciones (PCR) 193
8.3 Analisis de los objetivos, hipótesis y problematica 194
Conclusiones 195
Recomendaciones 197
Referencias bibligráficas 199
Anexos 207

RESUMEN

En el contexto económico actual, la eficiencia en la ejecución de los proyectos de construcción es crucial, y la adopción de Lean Construction (LC) se destaca como una estrategia para maximizar el valor agregado al usuario final, reducir el desperdicio y optimizar el flujo de producción en los proyectos. La implementación de LC implica un viaje progresivo que requiere evaluaciones periódicas para verificar el progreso y abordar las debilidades. Sin embargo, la falta de consenso en la ruta de implementación de LC y la escasa disponibilidad de modelos y/o herramientas para evaluar la adopción de LC, son áreas de preocupación identificadas en la literatura.

En este documento el autor de la presente tesis propone abordar la problemática mencionada, a partir de un estudio riguroso sobre el conocimiento existente de LC y sus buenas prácticas en el mundo. Para lograr dicho fin, esta investigación utilizó un método estructurado de investigación conformado por dos etapas: Teórico – Conceptual e Investigación – Acción, donde se identificó el estado actual del conocimiento existente respecto a los Modelos de Madurez (MM) y los métodos de mejora continua utilizados por los nueve expertos identificados; y los ochenta y cinco profesionales de la construcción local encuestados.

Además, en esta investigación se realizó un análisis comparativo sobre cada uno de los MM identificados en la literatura, mediante el análisis de contenido; y una elección de MM mediante un método objetivo basado en elegir por ventajas entre alternativas. A partir del análisis realizado y del aporte brindado en las consultas a expertos, se logró estructurar un método sistemático para facilitar la adopción de LC en la gestión de producción de un proyecto de construcción. Dicho método está conformado por un MM seleccionado en función de las necesidades del proyecto y por un método de mejora continua que sirve como instrumento para gestionar y desarrollar la madurez de LC en un proyecto de construcción.

El método de mejora continua utilizado en esta investigación, está basado en la esencia de las rutinas y los patrones de comportamientos adquiridos por los trabajadores a lo largo de un entrenamiento durante periodos de tiempo. Con el fin de adquirir hábitos naturales durante el desempeño de los trabajos realizados.

El método propuesto es un aporte de esta investigación al conocimiento existente de LC, debido a que en la literatura no se tienen estructurados los eventos Kaizen. En este documento se presenta una estructura general del método propuesto y la estructura de un evento Kaizen; también se representa la síntesis de todo lo investigado y planteado sobre la gestión de la madurez de LC a la fecha de la elaboración de la presente tesis.

Para finalizar con la validación del método propuesto en esta investigación, se realizó una aplicación piloto en un proyecto de construcción (edificación). Siendo esta aplicación piloto en la construcción de una edificación educativa en la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas (FIIS) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), sin cargo a particularizar el método propuesto. Los resultados obtenidos se encuentran alineados a la hipótesis planteada en esta investigación, donde también se detallan las consideraciones necesarias para replicar esta buena práctica en los proyectos de construcción en el Perú. El documento finaliza con las lecciones aprendidas generadas durante el desarrollo de todo el proceso de investigación, análisis, diseño de la propuesta y aplicación a nivel piloto para la validación en un caso de estudio.

ABSTRACT

In the current economic context, efficiency in the execution of construction projects is crucial, and the adoption of Lean Construction (LC) stands out as a strategy to maximize added value to the end user, reduce waste and optimize the flow of production in projects. LC implementation involves a progressive journey that requires periodic assessments to check progress and address weaknesses. However, the lack of consensus on the LC implementation path and the limited availability of models and/or tools to evaluate LC adoption are areas of concern identified in the literature.

In this document, the author of this thesis proposes to address the aforementioned problem, based on a rigorous study of the existing knowledge of LC and its good practices in the world. To achieve this goal, this research used a structured research method made up of two stages: Theoretical – Conceptual and Research – Action, where the current state of existing knowledge regarding Maturity Models (MM) and continuous improvement methods was identified. used by the nine identified experts; and the eighty-five local construction professionals surveyed.

Furthermore, in this research, a comparative analysis was carried out on each of the MMs identified in the literature, through content analysis; and a choice of MM through an objective method based on choosing by advantages between alternatives. Based on the analysis carried out and the contribution provided in the consultations with experts, it was possible to structure a systematic method to facilitate the adoption of LC in the production management of a construction project. This method is made up of a MM selected based on the needs of the project and a continuous improvement method that serves as an instrument to manage and develop the maturity of LC in a construction project.

The continuous improvement method used in this research is based on the essence of the routines and behavioral patterns acquired by workers throughout training over periods of time. In order to acquire natural habits during the performance of the work carried out.

The proposed method is a contribution of this research to the existing knowledge of LC, because Kaizen events are not structured in the literature. This document presents a general structure of the proposed method and the structure of a Kaizen event; It also represents the synthesis of everything researched and proposed regarding the management of LC maturity as of the date of preparation of this thesis.

To complete the validation of the method proposed in this research, a pilot application was carried out in a construction (building) project. This pilot application being in the construction of an educational building at the Faculty of Industrial and Systems Engineering (FIIS) of the National University of Engineering (UNI), without charge to particularize the proposed method. The results obtained are aligned with the hypothesis raised in this research, which also details the necessary considerations to replicate this good practice in construction projects in Peru. The document ends with the lessons learned generated during the development of the entire research process, analysis, design of the proposal and application at a pilot level for validation in a case study.

PRÓLOGO

Es con gran satisfacción y humildad que se presenta este trabajo de investigación, fruto de meses de dedicación, reflexión y exploración en el fascinante campo del estudio de los modelos de madurez y su aplicación en los proyectos de construcción.

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo incondicional de diversas personas y recursos que han iluminado el camino académico. Al asesor de la presente tesis, Mag. Ing. Oscar Miranda Hospinal, se le expresa un profundo agradecimiento por su apoyo, orientación; dedicación y paciencia. También, a los expertos consultados por sus valiosos aportes, han sido la brújula que ha guiado esta travesía académica.

Agradezco a mi familia por su constante aliento y apoyo. A mis amigos y colegas investigadores, les debo mi gratitud por compartir sus conocimientos y experiencias, enriqueciendo así el desarrollo de esta investigación.

Mi agradecimiento se extiende a la Facultad de Ingeniería Civil (FIC UNI), al Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM UNI) y a la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI) por proporcionar el entorno propicio para el desarrollo de la presente investigación. Este espacio académico ha sido fundamental para mi crecimiento y aprendizaje.

Esta tesis es más que un documento académico; es un testimonio de las contribuciones colectivas, del intercambio de ideas y del compromiso con la excelencia. Espero que este trabajo inspire a otros y contribuya al continuo avance en el campo del estudio de los modelos de madurez y en los métodos de mejora continua en la adopción de Lean Construction en la gestión de producción de los proyectos de construcción.

En última instancia, este logro no es solo mío, sino de todos aquellos que han compartido este viaje conmigo. Con gratitud, presento esta tesis a la comunidad académica.

ASESOR

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Principio 1 del TPS 33
Tabla N° 2.2: Principios 2 al 8 del TPS 33
Tabla N° 2.3: Principios 9 al 11 del TPS 34
Tabla N° 2.4: Principios 12 al 14 del TPS 35
Tabla N° 2.5: Principios Lean Manufacturing y Lean Construction 41
Tabla N° 2.6: Resumen, Conceptos y Herramientas Lean 43
Tabla N° 2.7: Desperdicios en la construcción 54
Tabla N° 2.8: Componentes de un reporte A3 56
Tabla N° 2.9: Pasos para estructurar eventos Kaizen 57
Tabla N° 3.1: Resumen de los modelos de madurez encontrados 71
Tabla N° 3.2: Resumen de métodos de mejora continua encontrados 72
Tabla N° 3.3: Resumen de los hallazgos encontrados en la consulta a expertos 73
Tabla N°4.1: Herramienta de Implementación Lean 79
Tabla N°4.2: Clasificación LCR y macrointerpretación de resultados 82
Tabla N°4.3: Relación entre el número de preguntas del cuestionario y los principios de Lean Construction. 84
Tabla N°4.4: Niveles de calificación del cuestionario. 85
Tabla N°4.5: Clasificación de la empresa según el nivel de la Constructora. 85
Tabla N°4.6: Preguntas para Planificación y Gestión de la Producción 89
Tabla N°4.7: Preguntas para Kanban 89
Tabla N°4.8: Preguntas para Autonomía 89
Tabla N°4.9: Preguntas para Flujo de Trabajo 90
Tabla N°4.10: Preguntas para Producción 90
Tabla N°4.11: Preguntas para Transparencia 91
Tabla N°4.12: Definición de los niveles de madurez 92
Tabla N°4.13: Hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 1 de 4 93

Tabla N°4.14: Hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 2 de 4 94

Tabla N°4.15: Hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 3 de 4 95

Tabla N°4.16: Hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 4 de 4 96

Tabla N°4.17: Ejemplo de resumen ejecutivo y nivel de madurez..... 98

Tabla N°4.18: Niveles de Madurez 99

Tabla N°4.19: Ejemplo de Herramienta de evaluación de la Madurez para una empresa..... 100

Tabla N°4.20: Niveles de Madures LCI Lean IPD 103

Tabla N°4.21: Atributos de la categoría Personas del SLC-EModel..... 106

Tabla N°4.22: Atributos de la categoría Sistema de Producción del SLC-EModel 106

Tabla N°4.23: Atributos de la categoría Soporte de la Organización a la Producción del SLC-EModel 107

Tabla N°4.24: Índices locales de madurez de referencia para niveles de madurez entre 1 y 5 113

Tabla N°4.25: Clasificación de modelos de madurez mediante el análisis de contenido 114

Tabla N°4.26: Definición de factores para CBA 116

Tabla N°4.27: Análisis de decisiones mediante CBA 117

Tabla N° 5.1: Etapas del PDCA..... 120

Tabla N° 6.1: Comportamientos y rutinas básicas de mejora continua..... 150

Tabla N° 7.1: Condición actual de la madurez 159

Tabla N° 7.2: Descomposición de la Madurez en Categorías y Factores..... 160

Tabla N° 7.3: Antes y después del evento Kaizen – Excavación de nichos 168

Tabla N° 7.4: Antes y después del evento Kaizen – Encofrado de calzaduras. 169

Tabla N° 7.5: Antes y después del evento Kaizen – Encofrado vaciado de concreto..... 169

Tabla N° 7.6: Implementación del Make Ready en obra 171

Tabla N° 7.7: Elaboración de carta balance para la cuadrilla de construcción de calzaduras 173

Tabla N° 7.8: Implementación de una sala de planificación en obra 174

Tabla N° 7.9: Implementación de una sala de planificación en obra 177

Tabla N° 7.10: Implementación de una sala de planificación en obra 182

Tabla N° 8.1: Cuadrilla de trabajo en la construcción de calzaduras..... 186

Tabla N° 8.2: Distribución de HH productivo, HH contributorio y HH no contributorio 188

Tabla N° 8.3: Optimización del flujo de producción después del evento Kaizen 190

Tabla N° 8.4: Optimización de las jornadas de trabajo y HH ganadas después del evento Kaizen 190

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Fundamento Producción Lean 36

Figura N° 2.2: Triangulo Lean – GEPUC 40

Figura N° 2.3: Cinco Pensamientos Clave de Lean Construction..... 42

Figura N° 2.4: Lean Progression © 43

Figura N° 2.5: Ejemplo de VSM, Estado actual de Empresa Montaje de Grúas . 47

Figura N° 2.6: Pasos para las 5S's 48

Figura N° 2.7: Ejemplo de líneas balance 50

Figura N° 2.8: Andon en Construcción..... 51

Figura N° 2.9: Kanban, acopio de materiales y zonas..... 52

Figura N° 2.10: Muda, Desperdicios Lean 55

Figura N° 3.1: Estudio Exploratorio..... 65

Figura N° 3.2: Niveles de la Investigador 66

Figura N° 3.3: Identificación de variables de estudio..... 68

Figura N° 3.4: Relación entre variables dependiente e independiente 69

Figura N° 3.5: Esquema de experimento y variables 69

Figura N° 3.6: Esquema de experimento y variables 69

Figura N° 3.7: Esquema de Diseño de Investigación 70

Figura N°4.1: Formato de Evaluación Lean 80

Figura N°4.2: Ejemplo - Herramienta de evaluación Lean: diagrama de telaraña..... 80

Figura N°4.3: Ejemplo - Modelo para evaluar el uso de Lean Construction en empresas constructoras..... 87

Figura N°4.4: Ejemplo de Resultado Visual de la auditoria en 3 proyectos de una empresa..... 91

Figura N°4.5: Ejemplo de resultado de evaluación de madurez..... 98

Figura N°4.6: Ejemplo de reporte de la evaluación de salud y madurez del LCI. 102

Figura N°4.7: Ejemplo de Evaluación de proyectos con método original LCI Lean IPD – Resumen 103

Figura N°4.8: Estructura del SLC-EModel 104

Figura N°4.9: Estructura del SLC-EModel, por factores y atributos 105

Figura N°4.10: Ecuaciones para cada Factor de Madurez 110

Figura N° 4.11: Índices locales de madurez para cada factor de madurez 111

Figura N°4.12: Representación de las relaciones entre los factores de madurez - Modelo de Ecuaciones Estructurales para la Madurez de LC 112

Figura N°4.13. Escala referencial general para la clasificación de modelos de madurez 115

Figura N°4.14: Ventaja de los MM vs costo de elaboración 118

Figura N° 5.1: Recorrido de un proceso de mejora del estado actual al estado deseado 121

Figura N° 5.2: Etapas de la Kata de mejora 122

Figura N° 5.3: Experimentación en ciclos rápidos 123

Figura N° 5.4: Experimentar para encontrar nuevos obstáculos 124

Figura N° 5.5: Modelo Toyota Kata 125

Figura N° 5.6: Modelo de seis pasos para la mejora continua 126

Figura N° 5.7: Interacción del ciclo PDCA y SDCA con Kaizen 132

Figura N° 5.8: Esquema General de la Metodología de Mejora Continua 136

Figura N° 6.1: Esquema general del método propuesto 140

Figura N° 6.2: Tipos de Manifestaciones en el sistema de producción 142

Figura N° 6.3: Patrones de movimientos fundamentales en artes marciales 143

Figura N° 6.4: Método para gestionar la madurez del LPS 145

Figura N° 6.5: Esquema general de superación de obstáculos 147

Figura N° 7.1: Ubicación del proyecto dentro del campus universitario 152

Figura N° 7.2: Vista de arquitectura en el modelo 3D 153

Figura N° 7.3: Organigrama del proyecto 154

Figura N° 7.4: Detalle constructivo por paños de calzaduras 155
Figura N° 7.5: Corte de los tres anillos de calzadura 156
Figura N° 7.6: Proceso de excavación de nichos de calzaduras 156
Figura N° 7.7: Reunión con Residente de Obra 156
Figura N° 7.8: Encofrado y apuntalamiento de calzaduras 157
Figura N° 7.9: Reunión con el equipo de producción 157
Figura N° 7.10: Proceso de llenado de concreto hecho en obra, en los paños de calzaduras 157
Figura N° 7.11: Conocer la dirección o desafío para experimentar 158
Figura N° 7.12: Condición actual de la madurez global 159
Figura N° 7.13: Condición actual y deseada de la madurez local – Mejoramiento del Sistema de Producción 161
Figura N° 7.14: Condición actual y deseada de la madurez local – Mejoramiento de la Producción 161
Figura N° 7.15: Ciclos de eventos Kaizen para desarrollar la madurez local – Mejoramiento del Sistema Producción 166
Figura N° 7.16: Experimentar mediante eventos Kaizen – Simplificación de procesos 167
Figura N° 7.17: Experimentar mediante eventos Kaizen – Reducción de la variabilidad 170
Figura N° 7.18: Experimentar mediante eventos Kaizen – Reducción del tiempo de ciclo 172
Figura N° 7.19: Experimentar mediante eventos Kaizen – Transparencia 173
Figura N° 7.20: Ciclos de eventos Kaizen para desarrollar la madurez local – Mejoramiento de la Producción 176
Figura N° 7.21: Experimentar mediante eventos Kaizen – Desarrollo de estándares 177
Figura N° 7.22: Experimentar mediante eventos Kaizen – Conocimiento y selección de herramientas de LC 178

Figura N° 7.23: Experimentar mediante eventos Kaizen – Conocimiento y selección de herramientas de LC 180

Figura N° 7.24: Experimentar mediante eventos Kaizen – Mejoramiento continuo 181

Figura N° 7.25: Madurez global alcanzada luego de la aplicación del método propuesto 183

Figura N° 8.1: Madurez global antes y después de la aplicación del método ... 184

Figura N° 8.2: Distribución individual del trabajo 186

Figura N° 8.3: Distribución general del trabajo en la construcción de calzaduras 187

Figura N° 8.4: Distribución individual del trabajo contributorio 187

Figura N° 8.5: Distribución individual del trabajo no contributorio 188

Figura N° 8.6: Distribución de productividad en las industrias 189

Figura N° 8.7: Evolución diaria del PPC 191

Figura N° 8.8: Porcentaje de ocurrencia de CNC 193

Figura N° 8.9: Evolución de la liberación de restricciones (PCR) 193

Figura N° E.1: Profesiones de los encuestados 247

Figura N° E.2: Sector de trabajo de los encuestados 247

Figura N° E.3: Experiencia laboral de los profesionales encuestados 248

Figura N° E.4: Rol en el que se desempeña los encuestados 248

Figura N° E.5: Tamaño de la organización en el que trabajan los encuestados 249

Figura N° E.6: Como iniciar con una implementación Lean 249

Figura N° E.7: Respuesta a la pregunta de forma global 250

Figura N° E.8: Respuesta a la pregunta de forma individual 250

Figura N° E.9: Respuesta a la pregunta de forma global 251

Figura N° E.10: Respuesta a la pregunta de forma individual 251

Figura N° E.11: Respuesta a la pregunta de forma global 252

Figura N° E.12: Respuesta a la pregunta de forma individual 253

Figura N° E.13: Respuesta sobre el uso de los modelos de madurez 254

Figura N° E.14: Respuesta sobre la frecuencia de uso de los modelos de madurez 254

Figura N° E.15: Respuesta sobre la frecuencia de uso de los métodos de mejora continua 255

Figura N° E.16: Respuesta sobre el aprendizaje y aplicación de Lean Construction 255

LISTA DE SIGLAS

SIGLAS

LC: Lean Construction

LT: Lean Thinking

MM: Modelo de Madurez

AEC: Arquitectura, Ingeniería y Construcción

GPPC: Gestión de Producción de Proyectos de Construcción

PMS: Sistemas de Medición de Desempeño

LCMM: Modelo de Madurez de la Construcción Lean

MMDPLC: Modelo de Madurez para el Desarrollo de Principios de Lean Construction

LPS: Last Planner System

IPD: Integrated Project Delivery

TK: Toyota Kata

PDCA: Planificación-Hacer-Verificar-Actuar

TPS: Sistema de Producción Toyota

CBA: Choosing By Advantages

COS: Condiciones de Satisfacción

VSM: Value Stream Mapping

LOB: Lìneas de Balance

STM: Scientific Thinking Mechanism o Mecanismo De Pensamiento Científico

IGM: Índice Global de Madurez

ILM: Índice Local de Madurez

CNC: Causas de No Cumplimiento

PCR: Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones

TP: Trabajo Productivo

TC: Trabajo Contributorio

TNC: Trabajo No Contributorio

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El sector de la construcción en el Perú representa el 6.4% del PBI, en promedio de los últimos 13 años (INEI, 2020). Siendo un sector muy importante, debido a que genera un efecto multiplicador en la economía nacional. Sin embargo, la mayoría de las empresas en este sector se rige por un sistema de construcción tradicional con procedimientos constructivos ineficientes, lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad. La complejidad de los proyectos requeridos por los usuarios finales hoy en día es cada vez mayor, con una gran variedad de instalaciones, materiales, insumos y procedimientos que exigen la aplicación no solo de herramientas eficaces de gestión y planificación. Sino también del uso de herramientas tecnológicas y entornos que incentiven la colaboración entre los principales interesados.

De acuerdo con Maestas y Parrish (2014), en las últimas décadas las empresas más exitosas del sector de la construcción se han centrado en la adopción de los principios de fabricación lean, como prácticas comerciales estándar en un intento por crear un lugar de trabajo menos derrochador, más productivo y cada vez más sostenible. Si bien muchas empresas promocionan los beneficios de la construcción Lean, algunas empresas se destacan como líderes en su aplicación, aunque todas emplean los mismos principios lean.

Alsakka et al. (2022) menciona que la implementación exitosa de la filosofía lean en varios sectores ha inspirado a muchas empresas de fabricación en construcción a fomentar una cultura lean y embarcarse en iniciativas de transformación. Esto debido a que hay una necesidad apremiante de continuar impulsando la adopción de principios y métodos de producción Lean, para satisfacer las diversas necesidades de los clientes de manera oportuna, eficiente y rentable.

Según la perspectiva de investigadores como Aziz y Hafez (2013), se argumenta que los proyectos que aprovechan los principios de Lean Construction (LC) se vuelven más manejables. Estos proyectos facilitan la definición de metas que son nítidas y factibles, alineadas con las expectativas del cliente. Además, presentan mejoras sustanciales en cuanto a la seguridad en las obras, una reducción de

costos, una mayor confiabilidad en los plazos de entrega y se percibe una mejora evidente en la calidad del producto final

Como señala Pekuri et al. (2012), muchas organizaciones de todo el mundo ahora están interesadas en usar Lean para mejorar la gestión de las organizaciones y de esa forma optimizar la rentabilidad en sus negocios. Sin embargo, a menudo se quedan atrás de sus expectativas iniciales y no logran transformar su cultura en una que empodere a las personas y promueva una filosofía lean en toda la cadena de valor.

En un estudio realizado en empresas chilenas del sector de la construcción que han implementado enfoques de mejora de la producción basados en Lean Construction, Soto (2016) señala que algunas de las prácticas y herramientas aplicadas en sus proyectos no logran mantener su efectividad a lo largo del tiempo. En particular, el Sistema Last Planner®, se observó que funcionaba con éxito en aproximadamente el 70-80% del proyecto, pero su impacto disminuía a medida que se aproximaba la fase final de las obras. Este desafío específico local reflejó similitudes con situaciones informadas en otras regiones del mundo (Pekuri et al. 2012; Soto 2016).

Así también, Pekuri et al. (2012) menciona que la mayoría de las transformaciones Lean no cumplen con sus expectativas iniciales y terminan siendo decepcionantes. A menudo se culpa de esto al enfoque excesivo en herramientas específicas y la falta de comprensión de la filosofía o de motivar a las personas en la mejora continua.

Para Cano (2019), las implementaciones no son sostenibles en el tiempo debido a que los investigadores y académicos se han centrado más en consolidar herramientas de diagnóstico de la Madurez Lean, para medir el grado de la implementación. Pero muy pocas, en estrategias soportadas cuantitativamente para avanzar hacia el máximo nivel de madurez. Asimismo, afirma que no se evidencian estudios enfocados en desarrollar la madurez de Lean Construction en la gestión de producción de proyectos de construcción.

En las últimas décadas surgieron numerosas investigaciones para conocer las barreras en la implementación como Schulze y Dallasega (2022), menciona que las barreras de implementación pueden estar relacionadas con la organización, la

gestión, el conocimiento, la cultura, las finanzas, así como con causas fuera del contexto. La literatura sobre las barreras al implementar métodos y herramientas Lean en empresas es relativamente limitada en comparación con industrias con estrategias de fabricación repetitiva. Schulze y Dallasega validaron empíricamente las barreras para la implementación que enfrentan en la práctica las empresas, siendo estas: barreras relacionadas con la organización, barreras relacionadas con la gestión, barreras relacionadas con el conocimiento, barreras relacionadas con la cultura, barreras financieras, barreras relacionadas no específicas del contexto, barreras relacionadas con el cliente.

En el contexto de la implementación de Lean en la construcción, se han presentado varias prácticas y estrategias de implementación. Alarcón et al. (2005) recomienda una estrategia de implementación que implique el desarrollo de acciones de formación e investigación, la interacción proactiva y la colaboración entre empresas para superar las barreras relacionadas con el tiempo, la falta de formación y la autocrítica en general.

Arbulu y Zabelle (2006) proponen una estrategia de implementación de abajo hacia arriba en la que Lean se introduce gradualmente para evitar la resistencia y garantizar el apoyo adecuado y las capacidades de liderazgo de la gerencia. Las prácticas de implementación de contratistas daneses y californianos fueron comparadas por Jorgensen et al. (2005), quienes señalaron que Lean debe establecerse en el contexto en el que se está implementando.

También, el trabajo de Diekmann et al. (2004) ofrece recomendaciones y sugerencias dirigidas a lograr una implementación exitosa de Lean Construction en empresas de construcción. Estas recomendaciones se centran en la integración de análisis de los movimientos de los trabajadores, similares a los análisis realizados por expertos en ingeniería industrial y expertos en operaciones en la industria manufacturera. Esto respalda la idea de que la eficiencia en las operaciones de construcción puede ser mejorada y que existen múltiples herramientas, técnicas y métodos innovadores que respaldan esta afirmación.

De acuerdo con Cano et al. (2017), no se identifican estrategias estandarizadas para alcanzar sistemáticamente el nivel de madurez deseado en la implementación. La acción más común es proponer planes y recomendaciones generales de mejoramiento basados en la evaluación de la madurez actual. Es así

que los modelos de madurez se comienzan a hacer más populares entre implementadores, consultores e investigadores en lean construction.

Sin embargo, la evaluación de la madurez es solo un punto de partida para identificar oportunidades de mejora y objetivos a corto plazo en la organización. Para Pérez et al.(2021), este diagnóstico debe ser complementado con algún método que permita llevar la implementación de la condición actual a una condición deseada, superando todos los obstáculos en el recorrido.

Cano (2019) afirma que en la literatura hay una variedad de modelos de madurez que están especializados en evaluar la adherencia de los principios lean, los conceptos lean, las herramientas lean, la cultura lean en las organizaciones. Pero ninguno enfocado en evaluar el uso de lean construction en la gestión de producción de un proyecto de construcción. Es así como Cano et al. (2020) propone un modelo de madurez para la gestión de la producción y una estrategia de evolución de la madurez.

De la misma forma Pérez et al. (2021) propone una metodología para gestionar el nivel de madurez del sistema Last Planner®, a partir de varias evaluaciones de madurez soportadas por la metodología del Toyota Kata de Rother (2009). Esta propuesta consiste en conocer el estado actual y la condición deseada a partir de una evaluación de la madurez del LPS, a partir de ello generar ciclos iterativos de mejora continua (kata de mejora) soportado por el kata de entrenamiento, que permite aprender y mejorar los planes futuros a través de un entrenador que realiza preguntas para definir qué plan de acción tomar.

1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente, el escenario económico requiere organizaciones eficientes y competitivas; invertir en tecnología y modelos de gestión que hagan que las organizaciones sean más eficientes y reduzcan los tiempos improductivos y desperdicios es esencial, incluso en términos de costo (Böes et al., 2018). En la opinión de Rodegheri y Serra (2020), debido a los problemas que afronta el sector de la construcción, LC es adoptado por las organizaciones para maximizar el valor, reducir el desperdicio y, al mismo tiempo, entregar el proyecto a los requisitos del usuario final. Los gerentes vinculan a LC como prácticas que pueden brindar un desempeño superior, proporcionar eficiencia y mantener una ventaja competitiva

a la organización o empresa a través de la reducción de costos, inventarios y activos requeridos, mejorando y optimizando los procedimientos operativos internos entre las diferentes áreas funcionales. Cuando se aplica adecuadamente, la organización obtiene mejoras en la calidad, la relación laboral y los aspectos financieros, se debe seguir con el desarrollo de la gestión.

Iniciar la aplicación de LC en una empresa constructora u organización es iniciar un viaje donde las capacidades deben ser introducidas progresivamente mediante estrategias alineadas con los objetivos organizacionales. Esta estrategia de gestión necesita ser evaluada, de modo que se puedan verificar las mejoras implementadas y se enfoquen las debilidades. Por ello, es necesario establecer el estado actual de la organización y los objetivos para el futuro, por lo que se deben realizar evaluaciones periódicas para verificar el avance de este recorrido y qué acciones se deben tomar para seguir el camino de la adopción de LC (Rodegheri & Serra, 2020).

La implementación de LC trae consigo dificultades y problemas organizacionales que evitan que los resultados disten mucho de las expectativas. Es por esta razón que resulta conveniente tener mecanismos que permitan implementaciones más estables con mayores posibilidades de éxito, que procuren su sostenibilidad a lo largo del tiempo (Alarcón, 2014).

Según Cano (2019), es importante aclarar que la ruta de una implementación no es única, pues los expertos se refieren a diferentes maneras de avanzar en un proceso de implementación y reconocen que son diversas las estrategias para este fin, lo que evidencia que no hay consenso respecto de una ruta de implementación de LC.

En la literatura no se ha encontrado muchas aplicaciones de metodologías que permitan facilitar la evolución de la madurez de LC en la Gestión de Producción de Proyectos de Construcción (GPPC). Según Cano (2019) hasta ahora el interés de investigadores y académicos respecto a este tema se ha centrado en la consolidación de la definición de madurez de LC y en el desarrollo de herramientas que ayuden a medirla. En este sentido, se evidencia la escasa disponibilidad de artefactos o herramientas para evaluar el avance de la madurez de LC en las organizaciones, así como de estrategias soportadas cuantitativamente, para avanzar hacia el siguiente nivel de madurez deseado.

1.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL

A pesar del creciente uso de LC en el sector de la construcción, existe un vacío significativo en la literatura académica en cuanto a metodologías sistematizadas para lograr una implementación sostenible en el tiempo. Si bien los Modelos de Madurez (MM) de LC han sido desarrollados para estructurar estrategias de implementación, hay pocas experiencias documentadas y literatura relevante sobre la aplicación práctica de dichos modelos.

Determinandose que el problema principal de los proyectos es la óptima implementación de LC; es así como se pretende aplicar el uso de los modelos de madurez en dichos procesos. (Cano, 2019; Perez et al.,2021; Rodegheri & Serra, 2020; Cano et al., 2017; Ballard & Tommelein, 2016). En esta investigación se busca responder la siguiente interrogante.

¿Existen metodologías que permitan facilitar el desarrollo de la madurez de Lean Construction en la gestión de producción de un proyecto en la fase de construcción?

1.2.2 PREGUNTAS RESPECTO A LOS PROBLEMAS SECUNDARIOS

- ¿Qué metodologías permiten facilitar la implementación lean construction en la gestión de producción de un proyecto en la fase de construcción?

- ¿Cuál es el modelo de madurez más adecuado para evaluar el estado actual de un proyecto de construcción durante su ejecución?

- ¿Qué metodología se podría utilizar para orientar el desarrollo de la madurez lean en la gestión de producción de un proyecto en la fase de construcción?

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el ámbito académico están disponibles algunas iniciativas para evaluar la implementación de LC, como la de Hofacker et al. (2008) y la de Etges et al. (2013), que han sido aplicadas a organizaciones de construcción en Brasil y Alemania; y el Modelo de Madurez con enfoque en las organizaciones de construcción de Nesensohn (2014; 2017). Pero no se identifican estrategias estandarizadas para alcanzar sistemáticamente el siguiente nivel de madurez. La

acción más común es proponer planes de mejoramiento basados en la evaluación con el uso de estas iniciativas de evaluación (Cano et al., 2017).

Esta investigación busca proponer una metodología que permita facilitar la evolución de la madurez de LC en la gestión de producción de un proyecto durante la fase de construcción. La utilidad de esta investigación radica en la profundización del estudio acerca de los modelos de madurez de LC, las herramientas y las metodologías que permitan guiar la maduración de LC en la gestión de producción. Es decir, se quiere conocer cómo realizar un diagnóstico de la madurez actual de LC en la organización, definir un objetivo hacia la maduración y un método sostenible que permita guiar la evolución hacia el nuevo objetivo de madurez de LC. Esto con la finalidad de aportar a la literatura local con una buena práctica para la evolución estructurada y sostenible de la madurez de LC en la gestión de producción de un proyecto de construcción.

1.4 OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer una metodología sistematizada de gestión que permita guiar el desarrollo de la madurez de lean construction en la gestión de producción de un proyecto durante la fase de construcción.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las metodologías de implementación que existen en la literatura. Así como el modelo de madurez más utilizado en el sector de la construcción peruana.
- Analizar las metodologías de implementación y las buenas prácticas utilizadas durante la ejecución de un proyecto de construcción.
- Diseñar una metodología de gestión, basada en la literatura existente, para facilitar la evolución de la madurez de lean construction en la gestión de la producción de un proyecto durante la fase de construcción.

1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1 HIPÓTESIS PRINCIPAL

- La metodología sistematizada de gestión propuesta, permite facilitar el desarrollo de la madurez de lean construction en la gestión de producción de un proyecto durante la fase de construcción.

1.5.2 HIPÓTESIS SECUNDARIA

- Existen modelos de madurez que generan resultados menos visuales y son más complejos de aplicar. Así también, existen metodologías de implementación poco estructuradas y con criterios muy generales.
- La evaluación de la madurez permite identificar oportunidades de mejora en la gestión de producción de un proyecto de construcción.
- La metodología propuesta permite orientar la evolución de la madurez de lean construction en la gestión de producción de un proyecto de construcción.

1.6 ANTECEDENTES REFERENCIALES

Los modelos de gestión y las mejoras en los flujos de procesos necesitan de sistemas, métodos y herramientas que ayuden a su implementación, desarrollo y evaluación. A partir de la aplicación de una metodología de gestión es necesario medir la adherencia y desempeño ante las modificaciones implementadas, para eso se utilizan Sistemas de Medición de Desempeño (PMS). Estos PMS evalúan una variedad de factores que no deben basarse solo en factores financieros, sino también en procesos internos, clientes, seguridad, aprendizaje, crecimiento, salud y cambio. (Rodegheri & Serra, 2020). Los modelos de madurez permiten generar este diagnóstico.

Los modelos de madurez se desarrollaron, teniendo como origen el paradigma de la calidad desarrollado por Deming, Juran y Crosby: “Los productos de calidad son el resultado de procesos de calidad" (Chrissis et al, 2004). Esta idea fue planteada por Crosby (1979) en el Quality Management Model Grid, en el cual se mostraba el comportamiento habitual de una organización a través de cinco etapas evolutivas.

Tras la publicación de Koskela (1992) y Womack y Jones (1997) y la difusión de Lean Thinking (LT), fue necesario invertir en el desarrollo de los Modelos de Madurez (MM) enfocados en Lean Construction (LC). Estos modelos de madurez permiten diagnosticar los proyectos u organizaciones, conociendo el estado actual de la organización en el recorrido lean y los objetivos para el futuro, por lo que se deben realizar evaluaciones periódicas para verificar el avance de este recorrido y qué acciones se deben tomar para seguir el camino del desarrollo de la implementación de LC (Rodegheri & Serra, 2020).

Para llevar a cabo una implementación exitosa de Lean Construction, se deben realizar múltiples modificaciones y adoptar una perspectiva de largo plazo con el objetivo de alcanzar una transformación sostenible. No obstante, esta transformación implica desafíos significativos, por lo que resulta fundamental contar con herramientas de apoyo y mecanismos de control, como lo señala Meiling et al. (2012).

En la literatura se encuentran varias herramientas de análisis que han sido creadas y empleadas en el contexto de una transformación organizacional desde varias perspectivas relacionadas con Lean Construction. Estas herramientas facilitan la evaluación del modo en que se implementa la filosofía, la cultura y las metodologías Lean. Estas herramientas son los modelos de madurez que fueron desarrollados según las necesidades del sector, los modelos de madurez son una herramienta que brinda información y un conocimiento del estado actual, las fortalezas y debilidades y una visión clara del estado deseado respecto al desarrollo de LC, pudiendo priorizar los esfuerzos de mejora y planificarlos de manera estratégica (Soto, 2016).

Diekmann et al. (2004) generó un instrumento de evaluación lean, Modelo de Madurez, basado en los principios de LC basado en Koskela (1992), Womack y Jones (1997). Esta herramienta posee una escala de evaluación cualitativa 1-7, 5 factores y 53 indicadores. Fue uno de los primeros modelos de madurez desarrollados con el objetivo de evaluar la conformidad de una empresa respecto a los principios de LC.

En el año 2014, se desarrolló un MM a partir de una consulta con profesionales de seis países y grupos focales con expertos en LC por parte del Reino Unido, basado en un viaje interminable en el progreso de LC, que se llama Modelo de Madurez de la Construcción Lean (LCMM). Este marco proporciona y apoya a las organizaciones hacia el desarrollo de una mayor madurez y, posteriormente, mejora la conciencia y la comprensión de la LC. LCMM permite a las organizaciones medir la brecha entre su estado actual y dónde quieren estar en términos de incorporar LC. Este MM propone enunciados relacionados con LC que deben ser evaluados luego de una visita al sitio y diálogos con agentes del proyecto. Las declaraciones se distribuyen en atributos, cada atributo se evalúa con el valor más bajo de las declaraciones que lo respaldan. Los atributos tienen diferentes pesos que podrían modificarse de acuerdo con los valores y la visión de la empresa (Nesensohn, 2014).

Debido a que algunos implementadores reportan una falta de sostenibilidad en el tiempo de las prácticas Lean. En chile se desarrolló el Modelo de Madurez para el Desarrollo de Principios de Lean Construction (MMDPLC), una herramienta de autoevaluación chilena desarrollada por Soto Becerra que verifica la expectativa de la empresa y el cumplimiento efectivo de los principios y prácticas de LC, respectivamente. Como herramienta de autoevaluación, la evaluación se basa en la experiencia diaria del trabajador en seis niveles de clasificación. Los resultados no se presentan visualmente (Soto, 2016).

El MM de Grado de Lean Construction (DOLC), utiliza seis interrogadores para agentes internos (diseñador, ingeniero, trabajador, directores y cliente) y externos (proveedores) de la empresa. Un entrevistador externo que conoce LC para responder dudas de los entrevistados realiza la evaluación. Los resultados se presentan en un gráfico de radar con los valores promedio de todos los

entrevistados para cada principio de LC con cuatro niveles de clasificación (Carvalho & Scheer, 2017).

El United States Lean Construction Institute (LCI USA, 2016) planteo un MM, herramienta de evaluación de madurez y salud de LCI Lean IPD (LCI Lean IPD). Herramienta de Excel basada en LC, LT, Last Planner System (LPS) y Integrated Project Delivery (IPD). Analiza cuatro elementos principales divididos en 36 características con 191 atributos. Cada característica se evalúa en seis niveles de clasificación, los resultados se presentan en un diagrama de araña para cada elemento principal y un gráfico resumen de radar con los cuatro elementos principales (United States Lean Construction Institute (LCI-USA), 2016).

De acuerdo con Cano (2021), en el proceso de guiar la evolución de la madurez de Lean Construction, es necesario emplear estrategias de implementación. Sin embargo, no existe un consenso en cuanto a un enfoque de implementación único. Los expertos presentan diversas perspectivas sobre cómo avanzar en un proceso de implementación y reconocen la variedad de estrategias disponibles. Algunos proponen comenzar con la organización antes de pasar al proyecto, mientras que otros sugieren el enfoque inverso. Además, para algunos profesionales, el inicio puede ser en la etapa de diseño, producción, con el cliente o los proveedores. En algunas empresas, el enfoque inicial es más interno, mientras que en otras se inicia con un enfoque más orientado hacia la relación con el cliente, la innovación en el producto o el servicio.

Según Cano (2021), los expertos refieren que es común que las implementaciones de LC se inicien en una línea de producción, una planta, una obra, un equipo de diseño, un proceso o proyecto piloto, y después se amplía a otros procesos de la organización.

Además, es necesaria una metodología que incorpore y capacite al equipo del proyecto para gestionar una implementación efectiva en constante evaluación y mejora (Ballard & Tommelein, 2016).

Perez (2021) considera que para guiar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado se debe seguir las siguientes metodologías: eventos Kaizen, ciclos rápidos de planificación-hacer-verificar-actuar (PDCA), pensamiento A3, Toyota Kata (TK). Estas metodologías tienen un enfoque

sistemático para resolver problemas, a diferencia de las otras, TK propone ciclos de coaching en los que se incluyen a los últimos ejecutores en las mejoras, que dentro del Last Planner® System (LPS) se conocen como los planificadores finales.

En base a las investigaciones antes mencionadas se entiende que el sector de la construcción en el mundo está adoptando los conceptos y herramientas de LC. Esta adopción se debe a los buenos resultados que se obtuvieron en otras partes del mundo y a las buenas prácticas difundidas por los investigadores de LC. También se sabe que las herramientas son aplicadas por algunas organizaciones que utilizan LC sin saber que es LC, y por esa razón no generan una buena implementación, ni una buena sostenibilidad en el tiempo de esas prácticas. Por lo que, se vio la necesidad de crear los MM que permitan diagnosticar en que etapa del recorrido lean se encuentran las organizaciones que utilizan de manera formal o informal LC. A partir de una evaluación de madurez, se pueden identificar oportunidades de mejora en una organización, y esto nos permite proponer estrategias de mejora o metodologías estructuradas para llevar la madurez del estado actual a la condición deseada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 LEAN

Lean es un concepto que surge a partir del estudio realizado por Jhon Krafcik en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 1988, en el cual se intentó entender y describir el sistema de producción en la Compañía Toyota liderado por Taiichi Ohno (Krafcik, 1988; Ohno, 1988). El Sistema de Producción Toyota (TPS) se distinguía por la fabricación de automóviles con una clara ventaja competitiva sobre las más importantes compañías del sector en términos de calidad, costo y tiempo, gracias a la continua identificación y eliminación de desperdicios, así como la maximización del valor para el cliente (Womack et al., 1990). De esta forma inicio el desarrollo de una nueva filosofía de producción denominada Producción Lean, cuya adopción e implementación se extendió por diversas industrias, buscando cambiar el enfoque de la producción convencional.

2.1.1 Toyota production system

El Sistema de Producción Toyota es uno de los principales legados de Toyota. Se hizo conocido como TPS en 1970, pero fue establecido mucho antes por Taiichi Ohno, Eijy Toyoda y Shigeo Shingo. Basado en los principios de Jidoka (automatización), Just-in- time y Kaizen (mejora continua), una filosofía orientada a optimizar todos los procesos de producción para lograr productos de la más alta calidad y al más bajo costo (Liker, 2011).

En el sistema, es un factor fundamental la reducción de inventarios y defectos en las plantas de Toyota y de sus proveedores, y sustenta todas las operaciones en el mundo (Liker, 2011).

Basado en la valorización del trabajo estándar, la mejora continua o Kaizen y el respeto por las personas, este sistema constituye la base del éxito de Toyota.

2.1.1.1 Principios del Modelo Toyota (J. K . Liker, D. Meier)

I. Filosofía a largo plazo

Una organización que tiene una clara percepción de su posición en el mercado y en la sociedad, y que aspira a alcanzar el máximo nivel en su industria (Tabla N° 2.1).

Tabla N° 2.1 Principio 1 del TPS

Fuente: Elaborado por Cano (2019) basada en el TPS (Liker, 2011)

N°	Principio	Descripción
1	Las decisiones de gestión de la empresa deben estar basadas en una filosofía a largo plazo.	Para cumplir sus metas en el corto plazo, la empresa debe fijarse objetivos de largo plazo y trabajar, crecer y alinear las decisiones en torno a ellos (Liker, 2011).

II. Enfoque en Procesos

Estos principios están relacionados directamente con la eficiencia de la producción, con el mejoramiento del sistema de producción (Tabla N° 2.2).

Tabla N° 2.2 Principios 2 al 8 del TPS

Fuente: Elaborado por Cano (2019) basada en el TPS (Liker, 2011)

N°	Principio	Descripción
2	Establecer procesos enflujo constante para detectar problemas	Lograr un flujo continuo en el proceso de producción con el que se busque reducir o eliminar el tiempo en el que un producto está parado y esperando continuar a la siguiente estación en su elaboración. Se busca crear un mayor flujo de productos e información, reducir el inventario, las esperas y evidenciar los problemas que interfieren el flujo de trabajo (Liker, 2011).
3	Evitar producir en exceso mediante sistema pull.	La adopción de un sistema de reabastecimiento por demanda permite reducir al mínimo el inventario de material, manteniendo únicamente la cantidad esencial necesaria. Esto hace que el sistema de producción sea más adaptable y se ajuste a las necesidades del cliente, ya sea dentro o fuera de la organización, según lo requerido (Liker, 2011).
4	Nivelar la carga de trabajo	Este principio tiene como objetivo la disminución de la producción en lotes. Esta modalidad de producción involucra extensos períodos de alta carga de trabajo seguidos de intervalos de baja actividad (Liker, 2011).

5	Parar para solucionar los problemas en el momento en que se detectan	Desarrollar en las personas la confianza y el empoderamiento de parar un proceso cuando se detecte un error para solucionarlo inmediatamente y evitar elaborar productos defectuosos que lleguen al final del ciclo de producción (Liker, 2011).
6	Estandarizar como fundamento de mejora	El establecimiento, la gestión y el mantenimiento de estándares permiten que se mantenga una forma de hacer el trabajo que contribuye a la eficiencia del sistema (Liker, 2011).
7	Usar el control visual paradetectar problemas	Los indicadores visuales ayudan a detectar rápida y fácilmente desviaciones o errores que afectan la calidad del producto (Liker, 2011).
8	Utilizar solo tecnologíafiable y probada	Hacer uso de tecnología que sea evaluada y estudiada antes de aplicarla para evitar que interfiera negativamente con los procesos de producción (Liker, 2011).

III. Agregar Valor, desarrollando personas y equipo.

Estos principios están relacionados con las personas, con su crecimiento personal yprofesional, lo que genera beneficio para la organización (Tabla N° 2.3).

Tabla N° 2.3 Principios 9 al 11 del TPS

Fuente: Elaborado por Cano (2019) basada en el TPS (Liker, 2011)

N°	Principio	Descripción
9	Promover el liderazgo.	Desarrollar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa. Desarrollar líderes que comprendan perfectamente el trabajo, vivan lafilosofía y la enseñen a otros (Liker, 2011).
10	Formar a los empleados para que sigan la filosofía.	Buscar la creación y promoción de una cultura que se extienda a todo el personal de la organización y que promueva el cumplimiento de los principios (Liker, 2011).
11	Ayudar a mejorar a sussocios y proveedores.	Respetar su red extendida de socios y proveedores,desafiándoles y ayudándoles a mejorar. Conseguir que los socios y proveedores utilicen los principios para impulsar la mejora continua y la calidad (Liker, 2011).

IV. Aprendizaje

Estos principios están relacionados con el mejoramiento de la producción (Tabla N° 2.4).

Tabla N° 2.4 Principios 12 al 14 del TPS

Fuente: Elaborado por Cano (2019) basada en el TPS (Liker, 2011)

N°	Principio	Descripción
12	Para comprender la situación hay que verlo porsí mismo (Genchi Genbutsu).	Cuando se produzca un problema es necesario ir alfoco, a la fuente y observar por qué se ha producido, verificando los datos *in situ*, en lugar de centrarse en información aportada por otras personas que pueden no reflejar la totalidad del escenario para estudiar (Liker, 2011).
13	Tomar decisiones considerando todas las opciones y actuar de formarápida.	Tomar las decisiones por consenso lentamente, considerando concienzudamente todas las opciones e implementarlas rápidamente. Convertir la organización en una que aprende mediante la reflexión constante (Hansei) y la mejora continua (Kaizen) (Liker, 2011).
14	Convertirse en una empresa que aprende.	Aprender de forma constante, de esta manera seconvierte en un hábito (Liker, 2011).

2.1.2 Lean Manufacturing

El concepto de Lean Manufacturing o Lean Production fue introducido por James P. Womack y Daniel T. Jones, quienes pertenecían al Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Estos investigadores llevaron a cabo un análisis de la evolución de los sistemas de gestión de la producción, en particular, durante las últimas cinco décadas del siglo veinte, enfocándose en la industria automotriz a nivel mundial.

En la década de los años 80, el MIT realizó un estudio comparativo entre la industria automotriz de Japón y Estados Unidos. El estudio concluyó que las fábricas en Japón eran un 50% más productivas que las fábricas en los Estados Unidos y mostraban menos defectos en su producción. Se observó que las fábricas japonesas promovían la multifuncionalidad, la polivalencia (rotación de tareas en lugar de divisiones rígidas) y el trabajo en equipos en lugar de operarios individuales. Esto condujo a la eliminación de tiempos de espera y a la reducción

de puntos de conciliación. Además, se enfocó en el control de procesos completos. La palabra "Lean" en inglés significa "delgada" o "sin grasa", y en español, se ha denominado a este enfoque como Manufactura Esbelta o Manufactura Ágil, y se basa en el sistema de producción desarrollado por la compañía Toyota (TPS).

Según Soto (2016), los conceptos que guían la Producción Lean fueron esquematizados por Womack y Jones (1996) (Figura N° 2.1). El enfoque se basa en la implementación de la filosofía Lean sobre una base que incluye la estabilidad de los procesos, la estandarización de operaciones, la mejora continua (Kaizen) y la nivelación de la producción (Heijunka). Los pilares fundamentales de esta filosofía comprenden las herramientas Lean, que se representan a través de conceptos como "Justo a Tiempo" (entrega del producto correcto, en la cantidad adecuada y en el momento preciso) y "Jidoka" (empleo de técnicas para identificar y corregir los defectos de producción mediante procedimientos y mecanismos que alertan sobre las anomalías). Finalmente, se establecen los objetivos a alcanzar mediante la Producción Lean, que incluyen la mejora de la calidad en los procesos, la reducción de costos y la optimización de los tiempos de ciclo (Soto, 2016).

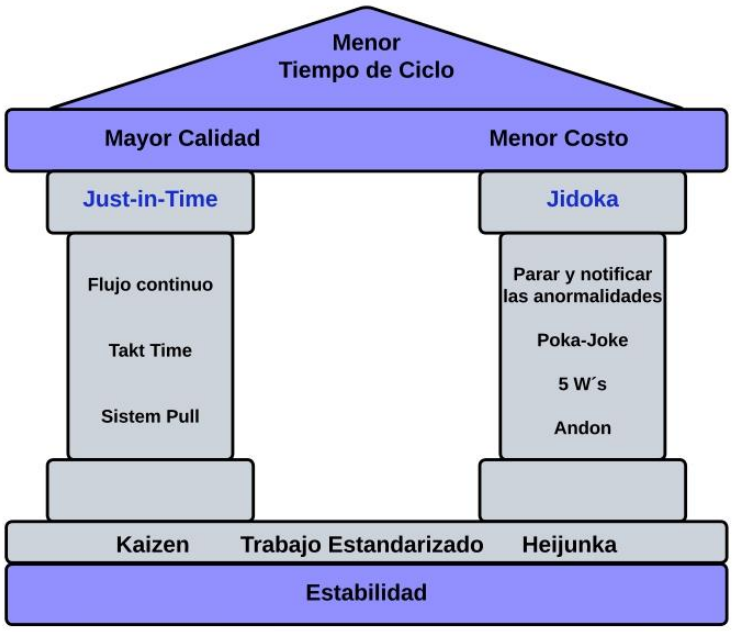


Figura N° 2.1: Fundamento Producción Lean

Fuente: Adaptado de Womack y Jones (1996)

Uno de los propósitos es la reducción al mínimo del despilfarro, lo que abarca enfoques tales como el "Justo a Tiempo", el "Kaizen" (mejora continua) y el "Poka-

Yoke" (prevención de errores), los cuales conducen a la disminución de inventarios, ciclos de producción más cortos, una mayor calidad del servicio al cliente y una atención mejorada. El objetivo fundamental consiste en eliminar todas las actividades que consumen recursos, pero no aportan valor (en Japón se denominan "Mudas"), como los defectos, la sobreproducción, el inventario excesivo, las esperas y los movimientos innecesarios, entre otros. La reducción del desperdicio se traduce en un aumento de la productividad.

2.1.2.1 Principios de Lean basado en Womack & Jones (1996)

- Valor: Identificar y especificar de manera precisa el valor (en función del cliente) asociado a un determinado producto (Womack & Jones, 1996).

- Cadena de Valor: Identificar la secuencia de generación de valor (Womack & Jones, 1996).

- Flujo: Encontrar la manera óptima en que debe ocurrir la secuencia de generación de valor y luego garantizar y controlar que fluya (Womack & Jones, 1996).

- Pull: La producción se configura siempre a partir de un requerimiento (Womack & Jones, 1996).

- Perfección: Todas las acciones en la producción son tendientes a la búsqueda de la perfección (Womack & Jones, 1996).

Los desperdicios (pérdidas) refieren a todas aquellas actividades que no agregan valor a los ojos del cliente y en general se consideran las siguientes (Ohno, 1988; Liker, 2004):

- Sobreproducción

- Tiempo de espera

- Transporte innecesario

- Sobre-procesamiento o procesamiento incorrecto

- Exceso de inventario

- Movimientos innecesarios
- Productos defectuosos
- Desaprovechamiento de la creatividad del empleado

Hoy en día, Lean se aplica no solo en las industrias manufactureras sino también en muchas otras industrias (Mao y Zhang, 2008). Sin embargo, el valor para el cliente es una preocupación central dentro de Lean (Jorgensen y Emmitt, 2008; Senaratne y Ekanayake, 2012), porque solo si se identifica el valor para el cliente se puede abordar el desperdicio para que se entregue más valor de la mejor manera posible. Una perspectiva de este valor desde una perspectiva de producción Lean se conceptualiza como "capacidad proporcionada al cliente en el momento adecuado a un precio adecuado, según lo defina en cada caso el cliente…y el valor es el punto de partida crítico para el pensamiento Lean, y solo puede ser definido por el cliente final". (Womack et al., 1990, p.311). En producción, este último cliente final suele ser el cliente que compra y utiliza un nuevo producto. Sin embargo, esto es realmente diferente en el sector de la construcción, ya que un proyecto de construcción apenas tiene un único cliente/usuario final (Jorgensen y Emmitt, 2008). La siguiente sección aborda a LC y cómo se aplica.

2.1.3 Lean Construction

Desde los inicios de la década de 1990, Lean Construction (LC) ha surgido como un concepto que se deriva de la filosofía Lean, originalmente aplicada en la industria manufacturera y posteriormente adaptada al ámbito de la construcción. Su objetivo principal en la implementación es conseguir mejoras y ventajas competitivas, estableciendo prácticas de gestión eficaces, empleando diversas metodologías y herramientas de trabajo, y promoviendo una nueva cultura tanto dentro de la empresa como entre sus colaboradores. Esta evolución ha generado un considerable interés tanto en la industria como en el ámbito académico.

Hay un debate en curso en la literatura sobre una definición de Lean Construction (Green y May, 2005, Jorgensen y Emmitt, 2008, Mossman, 2009). Sin embargo, la falta de una definición comúnmente aceptada de LC no ha impedido su adopción en la industria (Green y May, 2005).

Lean Construction se ha definido de diferentes maneras, considerando una gama de enfoques, herramientas y técnicas. Algunos de los paradigmas que guían la teoría y la práctica de Lean Construction son:

- Lauri Koskela (1992): Introdujo una nueva filosofía de construcción que se basa en tres componentes fundamentales: una producción que involucra flujos y conversiones, una serie de principios para el diseño, control y mejora de estos flujos, y la aplicación de diversas metodologías y herramientas en la producción.
- Glenn Ballard y Greg Howell (1994): Desarrollaron un nuevo enfoque de gestión de la construcción, centrado en la reducción de desperdicios y la gestión de flujos, prestando atención a los sistemas y procesos de producción.
- Koskela et al. (2002): Propusieron un enfoque para diseñar sistemas de producción que minimicen el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo, con el propósito de generar el máximo valor posible.
- Diekmann et al. (2004): Abogaron por un proceso continuo de eliminación de residuos, con el objetivo de satisfacer o superar las necesidades de los clientes, centrándose en todo el flujo de valor y persiguiendo la excelencia en la ejecución de proyectos de construcción.
- Constructing Excellence (2004): Basado en los conceptos de la fabricación Lean, se enfoca en la gestión y mejora del proceso de construcción con el fin de ofrecer de manera rentable lo que el cliente requiere.
- AGC of America (Kenig, 2011): Se refiere a un conjunto de ideas adoptadas por profesionales en la industria de la construcción, que se centran en la búsqueda constante de mejoras para minimizar costos y maximizar el valor para los clientes en todas las etapas de la construcción y el entorno, incluyendo la planificación, el diseño, la construcción, la puesta en funcionamiento, las operaciones, el mantenimiento, la recuperación y el reciclaje.
- Nesensohn (2014): Introdujo una filosofía de gestión para la construcción y el diseño, inspirada en el Sistema de Producción Toyota (TPS) y su aplicación como producción y pensamiento Lean. Se enfoca en la creación y entrega de valor al cliente final, el respeto a las personas, la reducción de residuos, la creación de flujos de trabajo continuos, la implementación de mejoras constantes y el aprendizaje.

- Pillai, Shukla y Magar (2016) lo define como el proceso continuo de eliminación de desperdicios, cumpliendo o excediendo todos los requisitos de los clientes, enfocándose en todo el flujo y buscando la perfección en la ejecución del trabajo del proyecto.
- Lean Construction Institute (2014): Gestión de la producción para la ejecución de un proyecto, una nueva manera de diseñar y construir. Lean Construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción sin perdidas - maximizar el valor y minimizar los desperdicios - hasta las técnicas específicas, y la aplicación en un nuevo proceso de realización de un proyecto.
- Centro de Excelencia en Gestión de la Producción – GEPUC (Salvatierra et al., 2015): Integración de los conceptos Lean en el sector de la construcción, con un enfoque que engloba la filosofía, la cultura y la tecnología y/o herramientas.

Figura N° 2.2: Triangulo Lean – GEPUC

Fuente: Salvatierra et al. (2015)

2.1.3.1 Principios Lean Construction

Según la definición de la Real Academia Española (RAE, 2014), un principio se caracteriza como una norma o idea fundamental que guía el pensamiento o el comportamiento. Al comprender el significado de un principio y al buscar integrar la filosofía Lean en el contexto específico de la construcción, resulta crucial identificar y comprender los fundamentos que dirigen la manera de llevar a cabo los proyectos de forma Lean.

Partiendo del fundamento de la Producción Lean generado desde el Sistema de Producción Toyota, implementadores como Womack y Jones (1996), junto con MacInnes (2002) propusieron una serie de principios con ideales Lean enfocados a la industria manufacturera. Por otro lado, Koskela (1992) hizo lo propio considerando las peculiaridades y diferencias que representa la industria de la construcción.

A partir del estudio realizado por Diekmann et al. (2004) se desarrollaron los "Principios Lean Construction". El estudio constó de una síntesis de los ideales propuestos por Womack y Jones (1996), MacInnes (2002) y Koskela (1992), la identificación de los principios más relevantes en los proyectos de construcción.

Tabla N° 2.5 Principios Lean Manufacturing y Lean Construction

Fuente: Diekmann et al. (2004)

Principios Lean		
Manufactura		Construcción
Womack & Jones (1996)	McInnes (2002)	Koskela (1992)
1. Identificar el Valor. 2. Mapear la Cadena de Valor. 3. Crear el Flujo. 4. Establecer el sistema Pull. 5. Buscar la Perfección.	1. Reducción de desperdicios. 2. Calidad / Mejora continua. 3. Reducción de los tiempos deespera. 4. Reducción del costo total. 5. Uso de métricas para asegurar elmejoramiento.	1. Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor. 2. Incrementar el valor del producto. 3. Reducir la variabilidad. 4. Reducir el tiempo de ciclo. 5. Simplificar los procesos. 6. Incrementar la flexibilidad de la producción. 7. Transparentar el proceso. 8. Enfocar el control al proceso completo. 9. Mejorar continuamente el proceso. 10. Mantener el equilibrio entre las mejoras en el flujo y en las conversiones. 11. Referenciar (Benchmarking)

Para Lean Construction Institute (LCI) la filosofía Lean Construction es una nueva forma de pensar y por lo tanto de actuar, se fundamenta en el respeto por las personas y en cinco pensamientos clave, basado en William et al. (2018).

Figura N° 2.3: Cinco Pensamientos Clave de Lean Construction

Fuente: Adaptado de William et al. (2018)

Por otro lado, Spata (2016) plantea un mapa de conocimiento Lean y propone una hoja de ruta para convertirse en un practicante Lean definido en cinco niveles del conocimiento. El primer nivel era la teoría. Como se muestra en la Figura N° 2.4, desperdicio, valor y flujo son los principios fundamentales de Lean. La clave era identificar el desperdicio, descubrir cómo mejorar el flujo y comprender el valor para el cliente.

Sin embargo, se necesitaba una visión para aplicar la teoría. La visión era un método de entrega de proyectos como un sistema empresarial coordinado. Independientemente de la intensidad Lean, cada proyecto requiere un esfuerzo coordinado, expectativas alineadas y un sistema productivo y de mejora continua (Spata, 2016).

El proceso está en el corazón de Lean Progression ©. Los cuatro grandes procesos incluyen el Last Planner System (LPS)® para la programación; Diseño de valor objetivo (TVD) para la elaboración de presupuestos; Diseño basado en conjuntos (SBD) para la resolución de problemas; y Choosing By Advantages (CBA) para la toma de decisiones. Los cuatro grandes se basan en la expectativa establecida en el quinto proceso: las Condiciones de Satisfacción (COS). Para

ayudar a que los procesos Lean sucedan, se requieren herramientas Lean. Hay muchas herramientas Lean. Se inventarán muchos más. Las herramientas Lean habilitan y respaldan los procesos Lean. Algunas herramientas comunes incluyen Big Room, A3 Thinking, Visual Management (Spata, 2016).

Finalmente, hay cinco hábitos Lean universales. Plus and Delta y Takeaway mejoran los mecanismos de retroalimentación. El ciclo Kaizen impulsa la mejora continua y la declaración de desglose evita errores. Lo que los cinco hábitos tienen en común es la necesidad de una zona segura psicológica establecida por el liderazgo. A cambio, impulsan la cultura y el sistema Lean creando un círculo virtuoso (Spata, 2016). La Figura N° 2.4 muestra los cinco niveles de Lean Progression © propuestos por Spata (2016).

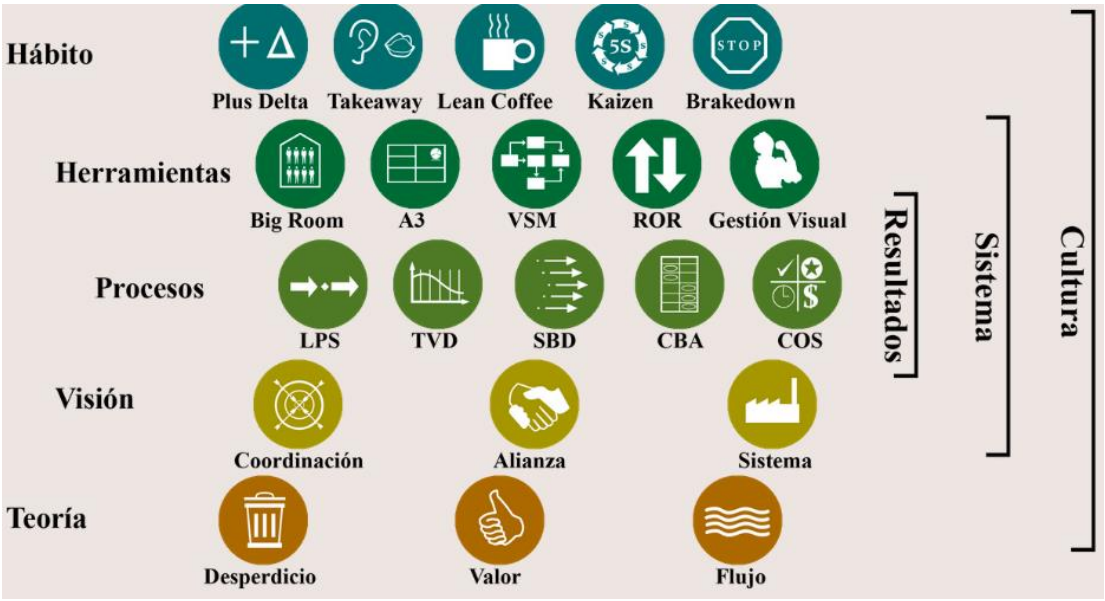


Figura N° 2.4: Lean Progression ©

Fuente: LEAN UNI, Adaptado de Sam Spata (2016)

2.2 CONCEPTOS Y HERRAMIENTAS LEAN

A continuación, se detallan una serie de conceptos y herramientas utilizados bajo la Filosofía Lean, resumidos en la Tabla N° 2.6.

Tabla N° 2.6 Resumen, Conceptos y Herramientas Lean

Fuente: Adaptado de Marín (2015)

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN
Just in Time	Producción en cantidades necesarias, y momentos justos
Jidoka	"Automatización": Equipo y trabajadores con habilidad y entrenamiento para evitar errores y detener la línea de producción ante anomalías
Kaizen	"Mejora Continua", eliminando desperdicios en los sistemas productivos
Heijunka	"Producción Flexible", para afrontar cambios repentinos en las condiciones de trabajo
Visual Management (VM)	Gestión Visual: Herramientas y técnicas que fortalecen la comunicación y el intercambio de comunicación
Value Stream Mapping (VSM)	Mapa de procesos
5S	Ordenar, Limpiar, Clasificar, Estandarizar, Sostener
Estandarización	Establecer un acuerdo acerca de la mejor forma de hacer algo, y documentarlo
Gemba	Donde se crea valor y se realiza el trabajo
Lìneas de Balance (LOB)	Herramienta de Planificación y Control de proyectos que tienden a normalizar sus procesos, entregando una mirada sistémica
Andon (VM)	Dispositivo visual, que advierte sobre una anomalía
Kanban (VM)	Etiquetas visuales para intercambiar información
Poka Yoke	"A prueba de errores", métodos que evitan errores en los procesos.
Pérdidas	Actividades que no agregan valor, bajo la filosofía Lean.

2.2.1 Producción Just in Time

Con el fin de evitar problemas como sobreproducción, exceso de equipos y operarios, se han creado sistemas flexibles que puedan adaptarse a las fluctuaciones de la demanda. Con Just in Time, todos los procesos producen las piezas necesarias en el tiempo necesario. El Just in Time se basa en tres principios: el sistema Pull, el Flujo Continuo y el Takt Time (Marín, 2015).

El sistema "Push" se caracteriza por que los lotes de fabricación previamente planificados "Empujan" la producción. Por el contrario, en el sistema "Pull", cada procesos o cliente retira el producto o las piezas del proceso anterior a medida que las necesita. De esta forma, un centro de trabajo o servicio únicamente trabaja cuando el proceso siguiente le comunica la necesidad de hacerlo (Fernández, 2004 como se citó en Marín, 2015).

2.2.2 Jidoka: Automatización

Concede a los equipos y trabajadores la destreza necesaria para prevenir errores deteniendo la línea de producción al detectar cualquier irregularidad y, en última instancia, para abordar los problemas de manera independiente. Habilita tanto a las máquinas como a los operadores a identificar de inmediato situaciones anormales y suspender la producción. Esto posibilita que las operaciones se diseñen con el propósito de construir, garantizar y mejorar constantemente la calidad de cada proceso, y de optimizar la separación entre el trabajo realizado por humanos y máquinas (Marín, 2015).

2.2.3 Kaizen: Mejoramiento Continuo

Según Marín (2015) la expresión Kaizen viene de las palabras japonesas “kai” y “zen” que en conjunto significan la acción del cambio y el mejoramiento continuo, gradual y ordenado. Adoptar el Kaizen es asumir la cultura de mejoramiento continuo que se centra en la eliminación de los desperdicios y en los despilfarros de los sistemas productivos. Se trata de un reto continuo para mejorar los estándares (Marín, 2015).

2.2.4 Heijunka: Producción Flexible

Marín (2015), el Sistema Heijunka se centra en lograr una producción flexible y continua. Su objetivo principal es absorber las fluctuaciones repentinas en la demanda al producir diversos modelos en pequeñas cantidades en la misma línea. Esto permite la eliminación de ciertas tareas, simplificando así la estandarización del trabajo. Estas prácticas eficientes reducen la dependencia de mano de obra.

¿Por qué esto conduce a un aumento de la productividad?

Para recuperar la inversión en los activos fijos de las líneas de producción, es necesario maximizar la utilización de los recursos, especialmente de la maquinaria, para aumentar la producción con los recursos disponibles. Esto se logra mediante la transición de una línea de producción dedicada a un solo producto, que es sensible a las variaciones de la demanda, a una línea flexible capaz de fabricar varios tipos de productos. Esta flexibilidad permite adaptarse a las fluctuaciones en la demanda y reduce el impacto de la variabilidad. Por ejemplo, si una línea produce 4 productos y la demanda de uno de ellos disminuye,

la línea puede seguir funcionando y aumentar la producción de los otros 3 productos. Además, la estandarización del trabajo agrega un mayor valor. La práctica Heijunka se encarga de distribuir y equilibrar la producción en todos los recursos disponibles.

2.2.5 Visual Management: Gestión Visual

Estas estrategias y metodologías se han desarrollado con el propósito de fortalecer la comunicación y el intercambio de información, tanto dentro de la organización como en el propio proyecto. Ofrecen una visión general de las expectativas en relación con los empleados y la eficiencia del proyecto, así como su estado actual, lo que contribuye a la transparencia de los procesos. Además, estas herramientas permiten visualizar las tendencias de rendimiento, preferiblemente en tiempo real, cubriendo aspectos relacionados con suministros, lotes y maquinaria, incluyendo detalles como órdenes de suministro y fechas de vencimiento. Se fomenta lo que se denomina un "entorno visual transparente," lo que facilita la mejora en la claridad y promueve la búsqueda constante de mejoras (Marín, 2015).

2.2.6 VSM: Value Stream Mapping

Según Marín (2015), el Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios, permitiendo detectar fuentes de ventaja competitiva. Ayuda a establecer un lenguaje común entre todos los usuarios/actores del mismo y comunica ideas de mejora, enfocando el uso de un plan priorizando los esfuerzos de mejoramiento. Un flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora. Incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener el producto final.

Value Stream Mapping en Construcción:

Es usado principalmente para mejorar los procesos, reducir tiempos y desperdicios, en los principales trabajos en terreno (Moldajes, Hormigonado, Tabiquería, etc.), y también a procesos administrativos, particulares por proyecto, y centralizados de las empresas.

En la Figura N° 2.5, Marín (2015) ejemplifica el flujo de procesos para una empresa de montaje de Grúas, todos los procesos de operación, estado actual y estado futuro con oportunidades de mejora.

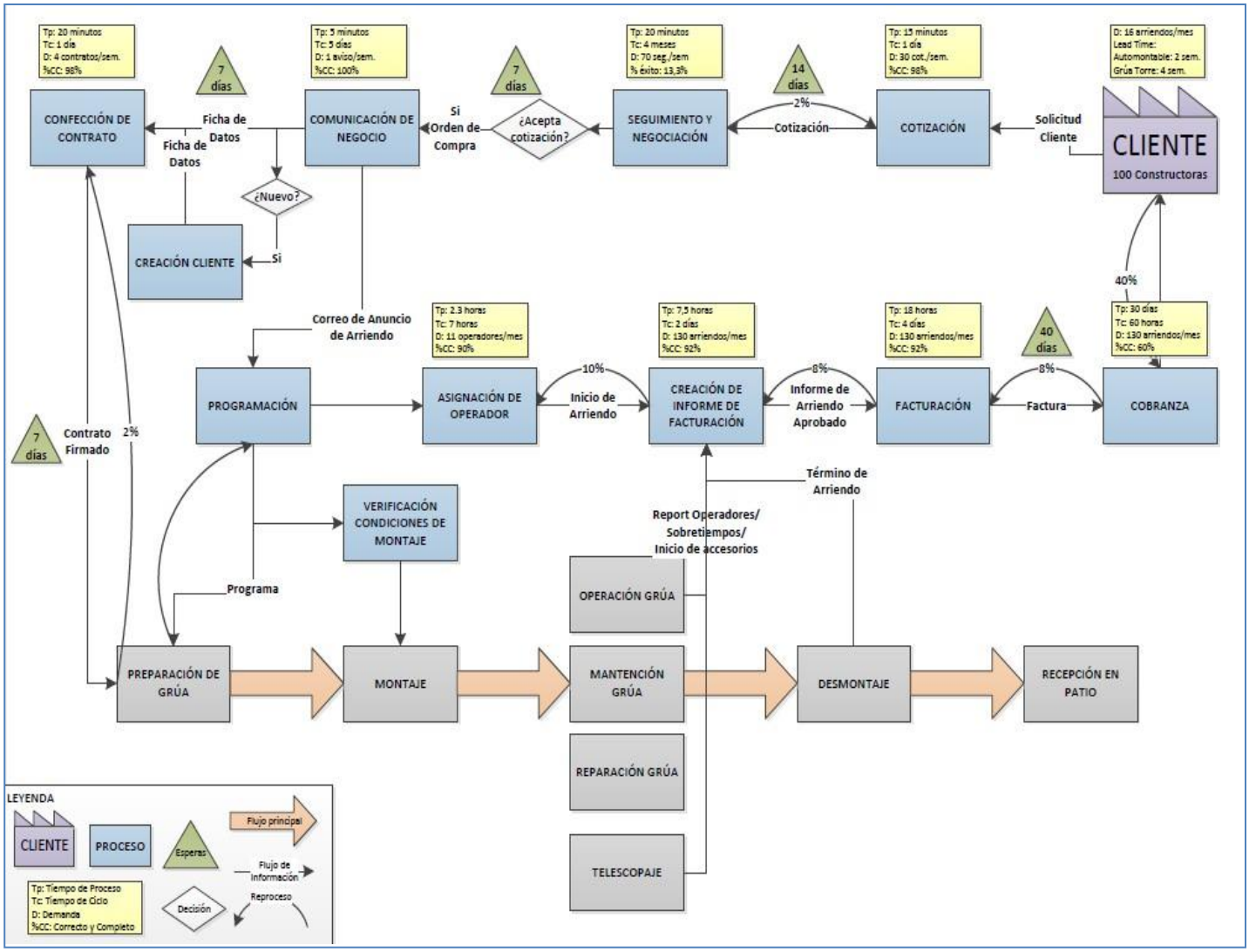


Figura N° 2.5: Ejemplo de VSM, Estado actual de Empresa Montaje de Grúas

Fuente: Marín (2015)

2.2.7 5S: Ordenar, Limpiar, Clasificar, Estandarizar, Sostener

Según Marín (2015), las 5s es una metodología que tiene como objetivo mantener un lugar de trabajo organizado, limpio y seguro; en el cual se puedan llevar a cabo procesos con un alto nivel de desempeño, por esto las 5S se consideran clave en la implementación de Lean y la eliminación de desperdicios.

Las 5S están basadas en 5 palabras en japonés que comienzan por la letra S (Figura N° 2.6):

- **Seiri:** Clasificar: Se debe mantener únicamente lo necesario en el puesto de trabajo, el resto debe ser removido.
- **Seiton:** Ordenar: Una vez se han definido los elementos o herramientas necesarias para el trabajo, éstas deben ser ordenadas e identificadas de manera que sean de fácil acceso y uso.
- **Seiso:** Limpiar: El área y lugar de trabajo debe mantenerse limpio para mantener un alto desempeño.
- **Seiketsu:** Estandarizar: Eliminar las causas de la suciedad y el desorden y hacer un estándar de las 3 primeras S.
- **Shitsuke:** Sostener: Se refiere al mantenimiento de los estándares, de esta forma se asegura que el sistema se mantenga y no se regrese a las prácticas anteriores.

Figura N° 2.6: Pasos para las 5S's

2.2.8 Gemba

Según Marín (2015), es una herramienta efectiva practicada por muchas organizaciones que persiguen la mejora continua y la excelencia en el rendimiento, en la práctica moderna de "Gemba Walk". Gemba Walk está diseñado para permitir a los líderes identificar los riesgos de seguridad existentes, observar aparatos y condiciones, preguntar acerca de las normas practicadas, adquirir conocimientos acerca de la situación laboral y construir relaciones con los empleados.

Marín (2015) menciona que la palabra "Gemba" es un término japonés que significa el verdadero lugar donde se crea el valor y en donde el trabajo real se realiza. Como parte de la filosofía Kaizen, se alienta a los gerentes a "Ir, ver y observar" (Genchi Genbutsu) los procesos de trabajo para sí mismos en Gemba con el fin de obtener un mejor entendimiento de sus operaciones.

2.2.9 Lineas de Balance (LOB)

De acuerdo con lo planteado por Marín (2015), esta herramienta se enmarca en la Planificación y el Control de proyectos, y se diferencia de los métodos convencionales como el método de la Ruta Crítica (CPM). Ofrece notables ventajas en proyectos de naturaleza repetitiva, como carreteras, edificios de oficinas o viviendas, donde se emplean las líneas de balance. Estas líneas de balance se fundamentan en la idea de que la producción tiende a normalizar sus procesos, haciéndolos uniformes, medibles y predecibles, lo que a su vez permite una planificación más confiable y un manejo más eficiente de la variabilidad.

Es una técnica de programación que permite mostrar el trabajo que realiza un proyecto de construcción como una sola línea, y representar un gran número de actividades en un documento más simple, a diferencia del diagrama de barras utilizado en los métodos tradicionales (Marín, 2015).

Se integran los procesos de forma concatenada para poder observar la información comparativamente en términos de tiempo. Lo que se muestra en la LOB no es la duración de cada actividad en particular, si no, el ritmo que tiene cada proceso. Muestra cómo cada operación debe ser completada a un ritmo

particular, para que la subsecuente proceda al ritmo requerido, permitiendo observar el sistema y tomar decisiones (Marín, 2015).

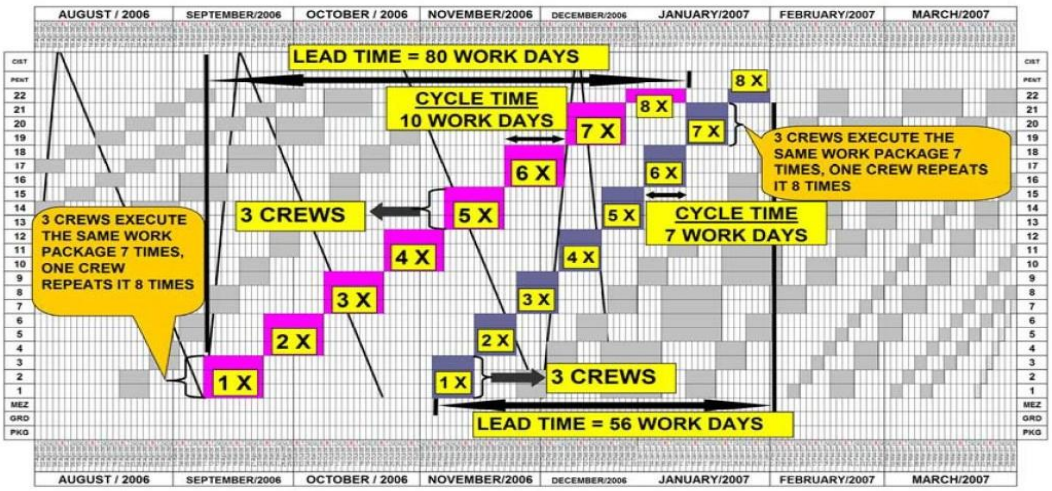


Figura N° 2.7: Ejemplo de líneas balance

Fuente: Marín (2015)

2.2.10 Andon

Según Marín (2015) es un dispositivo que, de forma visual, advierte sobre una anomalía. El modo más simple, es una señal luminosa, que resalta un texto con un significado predefinido. Es una señal destinada a desencadenar una reacción inmediata frente a una anomalía. (Debe definirse que hacer, si no, la aplicación no cumple con su potencial de diseño). Advierte que el flujo está en peligro (Marín, 2015).

Andon en Construcción: Trabajando en conjunto con sistemas visuales para mejorar los flujos (Tarjetas Kanban, Heijunka Boxes) se pueden diseñar alertas visuales cuando los flujos estén detenidos. Si no hay tareas asignadas a una máquina (Grúa por ejemplo), se puede emitir una alerta a oficina de administración, o al jefe de obra indicando que hay un recurso que no se está utilizando.

También se han desarrollado sistemas Andon de semáforos (Figura N° 2.8), para evaluar la producción en los distintos pisos de un edificio, o para dar instrucciones o advertir al resto del personal. Verde para indicar que las actividades ocurren en forma normal, amarillo para indicar que las actividades se deben interrumpir duran los próximos 30 minutos, y rojo indica que la producción está detenida completamente. Los mismos trabajadores pueden presionar botones para iniciar

las alertas Andon, si encuentran que hay falta de material, herramientas o información para continuar sus trabajos, o por alguna razón (luz, agua, etc.) los trabajos no pueden realizarse (Marín, 2015).

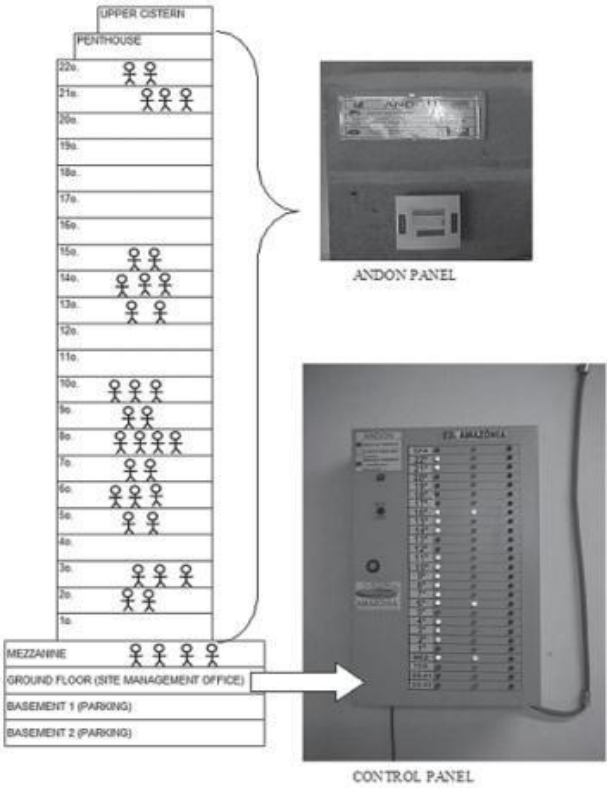


Figura N° 2.8: Andon en Construcción

Fuente: Marín (2015)

2.2.11 Kanbam

Según Marín (2015), la metodología Kanban se centra en la creación de un sistema de producción más efectivo y eficiente, con un enfoque particular en los ámbitos de la producción y la logística. Los sistemas Kanban representan un conjunto de métodos para facilitar la comunicación y el intercambio de información entre operarios en una línea de producción, dentro de una empresa o entre proveedores y clientes. Su objetivo principal es simplificar y acelerar la comunicación, reduciendo la probabilidad de errores derivados de la falta de información.

Un ejemplo típico de "Kanban" son las etiquetas que se añaden a los productos mientras se fabrican, para identificar posteriormente su destino o sus características.

En la actualidad, el término Kanban se ha incorporado en las metodologías ágiles, que buscan gestionar de manera general el progreso de las tareas. La palabra "Kanban" proviene del japonés y significa "tarjetas visuales," donde "Kan" se refiere a "visual" y "Ban" a "tarjeta."

En el contexto de la construcción, Kanban se puede aplicar mediante tarjetas de producción para optimizar la distribución y el uso de recursos. Estas tarjetas, en ocasiones, se utilizan para marcar y asignar recursos (materiales) a zonas de producción específicas o tareas particulares, con el propósito de agilizar la utilización, estandarizar procesos y medir rendimientos futuros (ver Figura N° 2.9).

Figura N° 2.9: Kanban, acopio de materiales y zonas

Fuente: Marín (2015)

2.2.12 Buffers

Los buffers son una buena alternativa para reducir la variabilidad en los procesos de producción en construcción. (González y Alarcón, 2003), otra característica de los buffers es que independizan a los procesos de su medio ambiente y de los procesos que dependen, permitiendo amortiguar el impacto negativo de la variabilidad sobre una cadena de producción (Koskela, 2000).

Los buffers se clasifican de la siguiente manera:

- Contingencias: “Se refiere a las cantidades en tiempo(cronogramas) o costo(presupuestos), que permiten enfrentar y dirigir futuros imprevistos en el proyecto de construcción.” (González y Alarcón, 2003).

- Inventarios: son stocks de elementos en exceso, stocks de seguridad, WIP, e inventarios de bienes terminados (Horman, 2000). Los inventarios de

materiales en un proyecto de construcción representan buffers pues permiten amortiguar el impacto negativo (fluctuaciones) en la entrega de material de un proveedor externo. El uso de estos buffers es más favorable que otros tipos de Buffers, debido fundamentalmente a que estos Buffers están bajo la acción y control directo de la administración de un proyecto. (González y Alarcón, 2003).

- Tiempo (incluyendo el flujo de trabajo): entendidos como colas, lotes, deliberadas pausas de producción, flujos reguladores y holguras en el cronograma (Horman, 2000).

- Capacidad Operacional: Refiere a la utilización flexible de mano de obra, de plantas y equipos, de modo que se ajusten a la demanda actual (Horman, 2000). “En el ambiente de la construcción un Buffer de este tipo implica, por ejemplo, poseer mano de obra que se ajuste a los requerimientos variables de producción (cantidad flexible de mano de obra)”. (González y Alarcón, 2003).

- Planes: representados fundamentalmente por Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), propuesto por Last Planner System®, en el cual se tiene una serie de tareas que tenemos en caso las tareas programadas no se puedan ejecutar y evitemos de esta manera que las cuadrillas dejen de producir lo planeado. (González y Alarcón, 2003).

2.2.13 Poka Yoke

De acuerdo con lo señalado por Marín (2015), la expresión "a prueba de errores" se refiere a métodos que previenen los errores humanos en los procesos, evitando que se conviertan en defectos. Estos métodos aseguran la calidad y reducen la probabilidad de cometer errores. Este concepto se alinea estrechamente con el principio de Jidoka (Automatización) y constituye uno de los pilares del Sistema de Producción Toyota. Su contribución radica en la eliminación de variaciones en los procesos, lo que resulta en un trabajo más estandarizado y se orienta hacia la producción libre de defectos y la obtención de calidad desde el primer intento.

Poka Yoke en Construcción:

Es factible integrar soluciones Poka Yoke en grúas mediante la implementación de sistemas que automáticamente cierran las plumas de la grúa bajo ciertas condiciones específicas, como órdenes de trabajo particulares, temperaturas ambientales específicas y velocidades de viento determinadas. Además, se han aplicado enfoques Poka Yoke para garantizar la calidad en las aperturas de ventanas. Esto implica el uso de una pieza estándar que asegura las dimensiones de los elementos durante las etapas de diseño y construcción. Como resultado, se logra la estandarización de las dimensiones de todas las aberturas, lo que a su vez mejora la eficiencia en la fabricación de elementos de aluminio, eliminando la necesidad de correcciones posteriores, y aumenta la productividad en el lugar de trabajo.

2.2.14 Pérdidas: Mura, Muri, Muda

Bajo la filosofía Lean, es indispensable distinguir las actividades que agregan valor, y las que no. Las que no agregan valor se denominan pérdidas, y se clasifican, en japonés, de la siguiente forma:

- Mura (Desigualdad): Básicamente consiste en las irregularidades, variaciones, en las condiciones de trabajo.

- Muri (Exceso): Es la sobrecarga en la línea de producción. Ya sea exceso de trabajo del personal, de maquinaria, etc., provocando ineficiencias, deterioros acelerados, y que generalmente aumentan defectos de calidad.

- Muda (Desperdicio): Es utilizar recursos superiores a los mínimos requeridos. Actualmente se han clasificado 9 tipos de desperdicios, de los cuales los primeros 7 fueron identificados en el TPS, y nuevos movimientos (Lean Solutions, 2014) agregan 2 más; Mala utilización del capital humano y desperdicios al medio ambiente (Tabla N° 2.7).

Tabla N° 2.7 Desperdicios en la construcción

Fuente: Adaptado de Marín (2015)

Desperdicios	
Sobreproducción	Es considerado el peor de las mudas ya que genera los demás, consiste en producir antes de que el cliente lo requiera.
Tiempo-Esperas	Los operarios esperan que las maquinas terminen el ciclo, esperas por material, información, etc.

Movimientos innecesarios	Movimientos que se pueden evitar como búsqueda de herramientas o materiales.
Transporte	Cuando se transporta el material a algún sitio para un almacenamiento temporal.
Sobre procesamiento	Procesos más allá del estándar requerido por el cliente. Calidad que el cliente no requiere.
Defectos/Retrabajo	Corresponde a los recursos utilizados (Materiales, tiempo, etc..) para cubrir una falla de calidad
Inventario	Aumentan los costos por área, se puede volver obsoletos, demanda administración y cuidado que es costoso.
Utilización de las personas	No aprovechar la inventiva del personal para mejorar.
Desperdicios al medio ambiente	Son emisiones o energía desperdiciada que puede ser útil en otro proceso.

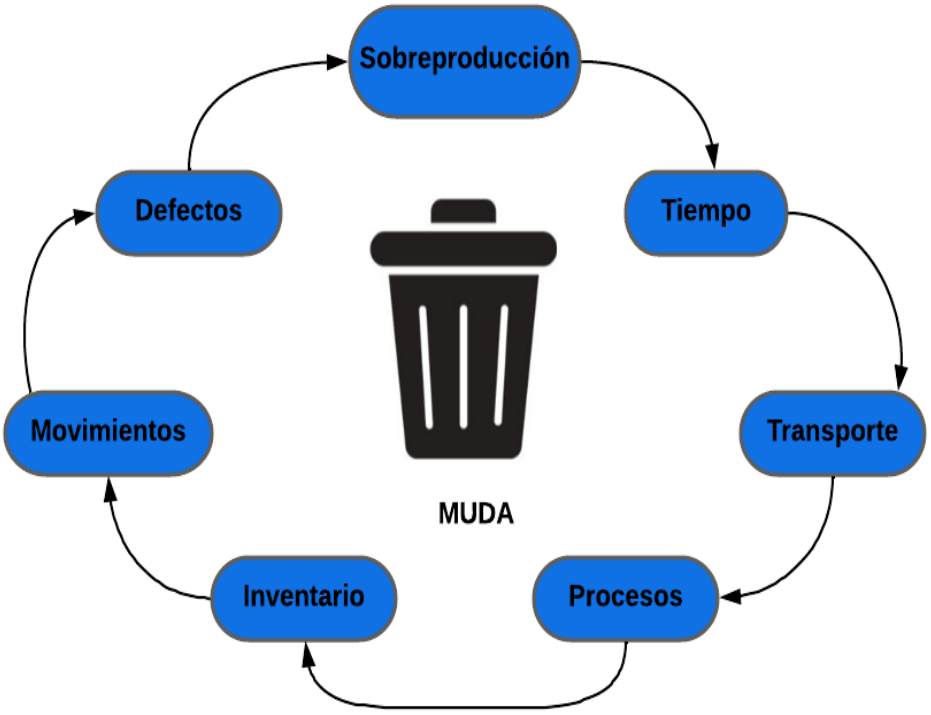


Figura N° 2.10: Muda, Desperdicios Lean

2.3 PENSAMIENTO A3

El informe A3 es una herramienta Kaizen que debe contener, en una cara de una hoja de papel A3, un contexto, la situación actual, el objetivo, un análisis, contramedidas, un plan de acción, el seguimiento y una actualización con respecto a la situación que debe mejorarse (Bordin et al., 2018).

Si bien es un documento resumido, la herramienta A3 promueve principalmente el aprendizaje de todos los involucrados en la elaboración de cada documento,

facilitando la comprensión y comprensión de quienes no participaron en la construcción de los informes. Además de ser un informe informativo, la herramienta A3 promueve y desarrolla prácticas que estructuran ideas y prácticas para una implementación exitosa de Kaizen (Durward et al, 2010).

Según Bordin et al. (2018) las secciones típicas de un informe A3 incluyen:

Tabla N° 2.8 Componentes de un reporte A3

Fuente: Adaptado de Bordin et al. (2018)

Contexto	¿Por qué se está haciendo este trabajo?, ¿Qué importancia tiene para la empresa?
Situación actual	¿Cuál es el contexto actual?, ¿Qué aspectos actuales se están analizando?
Objetivo	¿Cuáles son los objetivos del trabajo?, ¿Cuál es el resultado esperado?
Análisis	¿Cuáles son las causas del escenario actual?, ¿Qué causa esta condición y por qué existe?
Contramedidas	¿cuál es la base analizada para definir qué se debe hacer para mejorar la situación actual y cumplir con el objetivo o meta?, ¿Qué hay que hacer para que el A3 tenga resultados positivos?
Plan de Acción	¿Cómo se pondrán en práctica las contramedidas?
Seguimiento	estado laboral, prueba de que se han logrado los resultados esperados. En este sector, se toma una decisión basada en el análisis desarrollado: si se obtiene el resultado esperado, la mejoría progresa a otras áreas, de lo contrario se reanuda el ciclo con la mejora de los estudios obtenidos hasta el momento.
Estandarizar	ampliación de la medida tomada a otras áreas de la empresa.

2.4 EVENTO KAIZEN

Los eventos Kaizen a menudo se han implementado para acciones de mejora específicas, realizadas con el apoyo de equipos multifuncionales centrados en mejorar un área de trabajo específica, objetivos predeterminados y plazos acelerados. En este contexto, en un corto período de tiempo (entre 3 y 5 días), los equipos involucrados en el evento Kaizen centran su atención en la resolución de problemas mediante el uso de herramientas de bajo costo, para desarrollar e implementar mejoras en áreas específicas (Farris et al. 2008).

Para Graelm y Peinado (2007) los equipos Kaizen pueden identificar y abordar problemas que obligan a las empresas a trabajar con altos niveles de desperdicio.

Sin embargo, aunque la metodología es simple, requiere mucha determinación para tener éxito, ya que representa un cambio en la cultura de la empresa.

Imai (1996) sugiere que para que las implementaciones de los eventos Kaizen den como resultado la resolución de problemas basada en la evaluación de datos, para facilitar la comunicación de los procesos de resolución de problemas y para mantener activa la cultura Kaizen en las organizaciones, la aplicación debe estructurarse en ocho pasos:

Tabla N° 2.9 Pasos para estructurar eventos Kaizen

Fuente: Adaptado de Imai (1996)

Paso 1	Elegir el tema/foco de la aplicación (determinado según políticas administrativas según prioridad, importancia, urgencia o situación económica)
Paso 2	Analizar el contexto
Paso 3	Recopilar y analizar datos para identificar la causa raíz
Paso 4	Establecer contramedidas basadas en el análisis de datos
Paso 5	Implementar contramedidas
Paso 6	Confirmar los efectos de las contramedidas
Paso 7	Establecer o revisar estándares para prevenir la recurrencia
Paso 8	Revise los procesos anteriores y comience a trabajar en los siguientes pasos

2.5 MADUREZ LEAN

2.5.1 Concepto de Madurez

El diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2001) define madurez de tres formas (1) "Adquirir pleno desarrollo físico e intelectual", (2) "buen juicio o prudencia, sensatez", (3) "edad de la persona que ha alcanzado su plenitud vital y aún no ha llegado a la vejez".

Para Cano y Rivera (2015) la madurez es aquel estado de máximo desarrollo, o estado de excelencia, que ofrece la capacidad de volver realidad el objetivo proyectado con el más eficiente uso de los recursos disponibles. Es un estado que se va alcanzado paulatinamente al transitar por diferentes niveles de madurez, que permiten escalar hacia un estándar máximo, un nivel de excelencia de referencia para el contexto.

Nesensohn (2014) propone un concepto de madurez en el contexto organizacional y de proyectos, luego de referir a diversas definiciones estudiadas. Sintetiza que la madurez es un concepto que se utiliza en diferentes contextos de gestión, entre estos, la madurez de la organización, la madurez de la gestión del proyecto y la madurez del proceso.

Para Andersen y Jessen (2003) la madurez de la gestión del proyecto es la capacidad de la organización para manejar diferentes tipos de proyectos de forma eficaz y eficiente, mientras se logran los objetivos del proyecto, es “un estado donde la organización está en perfectas condiciones para lograr sus objetivos” (p. 457). De acuerdo con lo anterior, se hace importante diferenciar entre la gestión de la organización y la gestión del proyecto.

La madurez desde una perspectiva del proceso implica una capacidad de proceso creciente (Humphrey, 1993). La madurez de los procesos es cuantificable y puede ilustrarse a través de un ciclo de vida. Esto lleva a definir la madurez del proceso como la medida en que una organización es capaz de definir, administrar, medir y controlar explícitamente sus procesos específicos (Lockamy III y McCormack, 2004).

La madurez desde una perspectiva de proyecto debe entenderse como la capacidad de la organización para gestionar diferentes tipos de proyectos de manera efectiva y eficiente mientras se alcanzan los objetivos del proyecto (Andersen y Jessen, 2003).

En organizaciones de construcción, la gestión de la producción es el principal proceso que se lleva a cabo. La producción del proyecto requiere de las personas, del sistema de producción y de los diferentes procesos de la gestión organizacional al servicio del proyecto. Entonces, tiene sentido precisar que la madurez de la gestión de producción de proyectos de construcción se alcanza de manera independiente a la madurez de la organización (Cano, 2019).

2.5.2 Madurez e inmadurez de una organización de construcción

La literatura conceptualiza las características de una organización de construcción madura como una que se comunica con todos los participantes para gestionar las

actividades de diseño, construcción y mantenimiento para cumplir con los procesos planificados (Sarshar et al., 2000).

Las organizaciones de construcción inmaduras, por el contrario, se caracterizan por tener procesos de construcción improvisados que están llevando a cabo los gerentes y profesionales del proyecto independientemente de si el proceso se ha especificado dentro del proyecto o no (Sarshar et al., 2000).

Las organizaciones inmaduras ocasionalmente entregan excelentes resultados (Humphrey, 1989) a través de los heroicos esfuerzos de los individuos o actuando espontáneamente (Sarshar et al., 2000, Harmon, 2004). Los gerentes de proyecto de organizaciones inmaduras se enfocan principalmente en resolver problemas inmediatos en un modo de operación reactivo (Sarshar et al., 2000).

En comparación, las organizaciones de proyectos maduras se caracterizan por ser proactivas y planificadoras, para crear cronogramas para proyectos y mantener los proyectos regularmente en marcha a través de acciones correctivas oportunas (Harmon, 2004). Tienen comportamientos automáticos, procesos sistemáticos, roles y responsabilidades claramente definidos, formas claras de hacer las cosas y constantemente logran sus objetivos planeados con mínima desviación (Harmon, 2004).

Dado que los proyectos de construcción se consideran organizaciones temporales y cada proyecto es único hasta cierto punto, al igual que con otras organizaciones, pueden compartir las características generales de madurez e inmadurez (Sarshar et al., 2000).

2.5.3 Modelo de Madurez

Evaluar la madurez de una organización implicará un gran elemento de subjetividad (Andersen y Jessen, 2003). Sin embargo, el uso de un Modelo de Madurez permite introducir un grado de objetividad en el proceso de evaluación (Richardson, 2010). Sin embargo, es importante para una comprensión clara distinguir entre los términos “modelo” y “marco”. Veldman y Klingenberg (2009) sugieren que un marco con una perspectiva de madurez puede entenderse como un conjunto de reglas y pautas que podrían aplicarse a la realidad. Esto va en una misma línea con lo indicado por Male (1998), quien nos recuerda que un marco es

una referencia con la que podemos compararnos. Para describir el término 'modelo' desde una perspectiva de Modelo de Madurez es necesario considerar dos puntos de vista; en primer lugar, utilizando una lente de la ciencia para observar los "modelos", ya que debe reconocerse que el término es ampliamente utilizado por los filósofos de la ciencia. En este contexto, los modelos siempre han sido muy importantes (Nesensohn, 2014; Frigg y Hartmann, 2006; Aris y Penn, 1980).

Además, se afirma que los Modelos de Madurez permiten a las organizaciones implementar cambios o mejoras en un enfoque más sistemático y dirigido, que reduce los errores y asegura la calidad mientras genera una base comparable para evaluar la madurez (Kohoutek, 1996, Cooke-Davies, 2007). También, se ha demostrado que los Modelos de Madurez describen la evolución durante un período de tiempo definido a través del desarrollo de personas, tecnología, productos y procesos dentro de una organización para lograr su fin y objetivos (Tapia et al., 2008, Khoshgoftar y Osman, 2009, Wang et al., 2011). Otros han afirmado que los Modelos de Madurez son esenciales para que las organizaciones planifiquen y dirijan sus esfuerzos de transformación en curso (Perkins et al., 2010).

Nesensohn (2014) concluye que los modelos de madurez aplican un enfoque de ciclo de vida en el que un área o proceso se desarrolla con el tiempo hasta que alcanza un nivel de madurez más alto. Establecer una medida del progreso, conforme al avance en niveles de madurez ya definidos, nos permite medir con un grado de objetividad el nivel de madurez.

Perez et al. (2021) describen al modelo de madurez como un mapa que guía a la organización en la implementación de buenas prácticas, ofreciendo un punto de partida. Además de describir un camino de mejoramiento evolutivo, desde los procesos inconsistentes hasta los más maduros de la organización. La cual permite evaluar el estado de desarrollo de una organización o proceso de negocio, y así trazar claramente estrategias de mejoras para lograr los objetivos previstos e identificar las áreas donde la organización debe enfocarse para mejorar.

LC es una filosofía que se ha establecido para maximizar el valor, reducir el desperdicio y, al mismo tiempo, entregar el proyecto a los requisitos del cliente. Cuando se aplica adecuadamente, la empresa obtiene mejoras en la calidad, la

relación laboral y los aspectos financieros, se debe seguir con el desarrollo de la gestión (Sousa et al., 2017). Iniciar la aplicación de LC en una empresa constructora es iniciar un viaje donde las capacidades deben ser introducidas progresivamente mediante estrategias alineadas con los objetivos empresariales (Nesensohn, 2014; Soto, 2016). Es una estrategia de gestión que necesita ser evaluada, de modo que se puedan verificar las mejoras implementadas y se enfoquen las debilidades. Por ello, es necesario establecer el estado actual de la empresa y los objetivos para el futuro, por lo que se deben realizar evaluaciones periódicas para verificar el avance de este recorrido y qué acciones se deben tomar para seguir el camino del desarrollo de la LC (Carvalho, 2008; Soto, 2016; Gomes et al., 2018).

Para medir el desempeño de la empresa en el viaje de LC, se debe implementar PMS y para esto, debe ser simple de usar y apropiado para el contexto de la organización. Es fundamental apoyar las estrategias comerciales, después de todo: quién mide, administra (Sarhan y Fox, 2013).

Para Sousa et al. (2017), los PMS se consideran sistemas porque integran la herramienta de la medida de desempeño, la gestión estratégica y responden cómo mejorar las acciones para llegar allí. En este sentido, MM es parte de cualquier PMS y no es solo una herramienta o un marco para medir el estado de desempeño actual (Lorenzon, 2008). Los resultados de MM guían un conjunto de reglas que podrían aplicarse, en lo que respecta a la capacidad de la empresa, al enfoque sistemático del ciclo de vida (Nesensohn, 2014).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 GENERALIDADES

El presente capítulo se estructuró con el fin de precisar y detallar los aspectos metodológicos que sustentan la investigación realizada por el autor de este documento. El principal fin gira en torno a informar sobre el posicionamiento científico que se empleó para el desarrollo del estudio y los detalles que se derivan de éste, tales como: el tipo de investigación, enfoque de investigación, propósito, lógica y diseño de investigación. La identificación de las variables de estudio, la operacionalización de variables, las técnicas y procedimientos para la recogida de la información de interés y en último lugar, los procedimientos aplicados para el análisis de datos y criterios para la validación de la propuesta realizada en la presente investigación. Para estructurar el método de la investigación se realizaron consultas a distintos autores respecto a marcos metodológicos. Estos autores indican lo siguiente:

Para Quezada (2010) el vocablo método, proviene de las raíces: meth, que significa meta, y odos, que significa vía. Por tanto, el método es la vía para llegar a la meta. Método y metodología son dos conceptos diferentes. El método es el procedimiento para lograr los objetivos y Metodología es el estudio del método.

Según Arias (2012) el Marco o Método Metodológico es fundamental en el estudio propuesto de la investigación pues está referido a la metodología del proyecto, el cual comprende los tipos de investigación, las técnicas e instrumentos empleados en el trabajo de investigación; en otras palabras, representa el cómo se desarrollará el estudio a fin de responder al problema planteado.

Según Mata (2019) el Marco Metodológico es una elaboración compleja que agrupa las decisiones teórico-metodológicas del proceso investigativo. Efectivamente, entendido como estrategia teórico-metodológica, el marco metodológico ocupa un papel central respecto a la interrelación que vincula a todas las etapas del proceso investigativo en su conjunto. En este sentido Mata indica que mientras que el planteamiento del problema y los objetivos de investigación guían el proceso investigativo, y la teoría, por su parte, le dan sustento; en el marco metodológico descansa la consistencia interna de la investigación.

Por otro lado, debemos tener en cuenta lo que significa realizar una investigación. Quezada (2010) indica que la investigación recoge conocimientos o datos de fuentes primarias y los sistematiza para el logro de nuevos conocimientos. No es investigación confirmar o recopilar lo que ya es conocido o ha sido escrito o investigado por otros. La característica fundamental de la investigación es el descubrimiento de principios generales. El investigador parte de resultados anteriores, planteamientos, proposiciones o respuestas en torno al problema que le ocupa.

Además, Quezada (2010) considera que La investigación debe ser objetiva, es decir, eliminar en el investigador preferencias y sentimientos personales, así como resistir a buscar únicamente aquellos datos que le confirmen su hipótesis; de ahí que emplea todas las pruebas posibles para el control crítico de los datos recogidos y los procedimientos empleados.

3.2 ALCANCE Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Alcance de la Investigación

El proyecto de investigación consiste en la descripción del estudio que se plantea realizar, es decir, expresa qué se va a investigar, cómo, cuándo y con qué se investigará (Arias, 2012). Además, contiene de manera clara y sistemática: el planteamiento del problema, los objetivos, así como, las diversas etapas y fases que serán desarrolladas en la investigación.

De los estudios mencionados, y de los citados en antecedentes referenciales, la investigación de acuerdo con el problema planteado. Busca profundizar en el conocimiento existente para perseguir el propósito señalado en la investigación. Es decir, busca un determinado nivel de conocimiento y basado en una estrategia particular, logra solucionar la problemática identificada por el autor de este documento. Esto según Quezada (2010) es denominado Investigación aplicada, por el propósito o finalidad perseguida por el investigador.

El alcance general de esta investigación es solucionar la problemática identificada, a partir del conocimiento existente en la literatura; y al aporte de expertos en la línea de investigación.

3.2.2 Nivel de la Investigación

Según Arias (2012) el nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio. Según Hernández y Mendoza (2018) existen cuatro alcances de investigación: Exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo. En el caso de la presente investigación, se considera que el estudio debe iniciar con un nivel de exploratorio, debido a que en la revisión de la literatura el investigador notó que el problema de investigación es poco estudiado, del cual se tiene muchas dudas o no se ha abordado a profundidad. En la revisión de la literatura se encontró desarrollos teóricos vagamente relacionados con el problema de estudio e investigaciones que abordan de manera superficial el problema y le dan otro tipo de enfoque.

El estudio exploratorio realizado en esta investigación fue dividido en dos etapas de exploración del conocimiento existente. La primera etapa fue realizar una revisión bibliográfica en los principales buscadores académicos y repositorios de universidades en el mundo. De acuerdo con Rodegheri y Serra (2020) el criterio de búsqueda queda definido por las palabras clave “evaluación de construcción Lean”, “indicador de construcción Lean”, “sistemas de medición de desempeño construcción Lean”, ”implementación” Lean”, “Evolución Lean”, “Barreras de Implementación Lean”, “indicador de desempeño construcción Lean” y “modelo de madurez construcción Lean”; y utilizando los operadores booleanos “AND”, “OR”, “NOT”. Se estructuró, delimitó y orientó la búsqueda de información rápidamente en las bases de datos científicas.

La segunda etapa fue una consulta a investigadores, académicos, implementadores y conocedores en Lean Construction. Que tengan como requisito fundamental la publicación de artículos de investigación orientados a la línea de investigación de la Madurez Lean Construction, y ha Métodos de mejora continua. Se realizó una consulta mediante una encuesta con preguntas abiertas para conocer las recomendaciones, las buenas prácticas, los métodos más utilizados y sugerencias para desarrollar una implementación sostenible en la gestión de la producción de un proyecto de construcción.

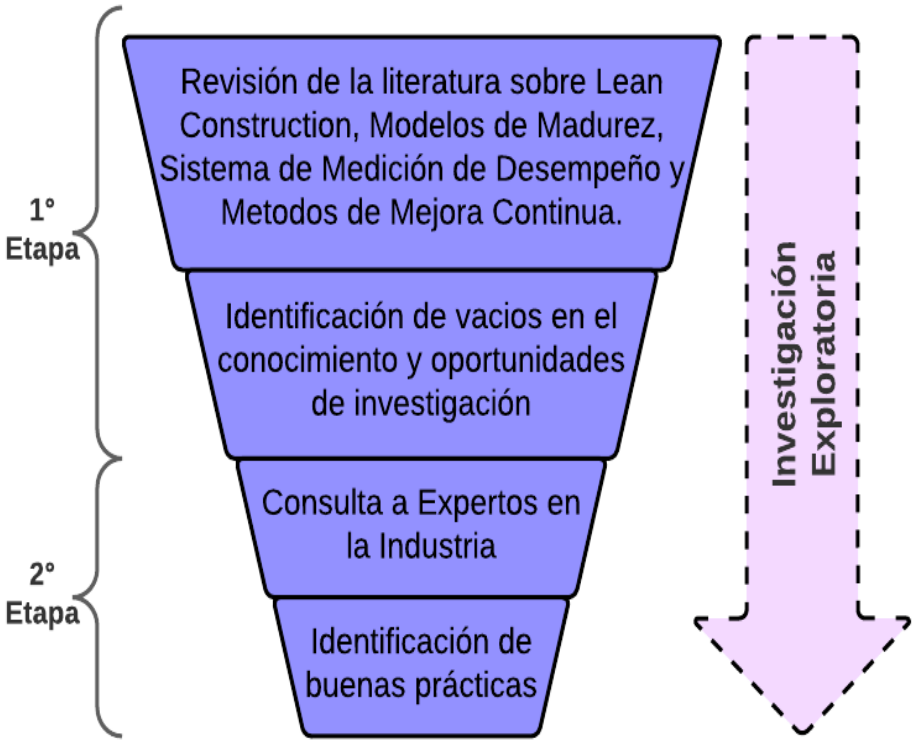


Figura N° 3.1: Estudio Exploratorio

Es necesario conocer las lecciones aprendidas y buenas prácticas utilizadas en otras realidades del mundo, para estructurar una estrategia adecuada a la problemática identificada por el investigador. En esta investigación, se busca resolver una problemática en base al conocimiento existente en la literatura académica y en el conocimiento desarrollado durante la interacción de la parte práctica.

Luego de conocer el estado actual del conocimiento, a partir de haber realizado el estudio exploratorio. El autor de este documento considera que se debe realizar una investigación descriptiva, para dar un siguiente paso hacia la solución de la problemática planteada en la presente investigación. Para ello debemos conocer en que consiste la investigación descriptiva. Según Quezada (2010), Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Al igual que la investigación que hemos descrito anteriormente, puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

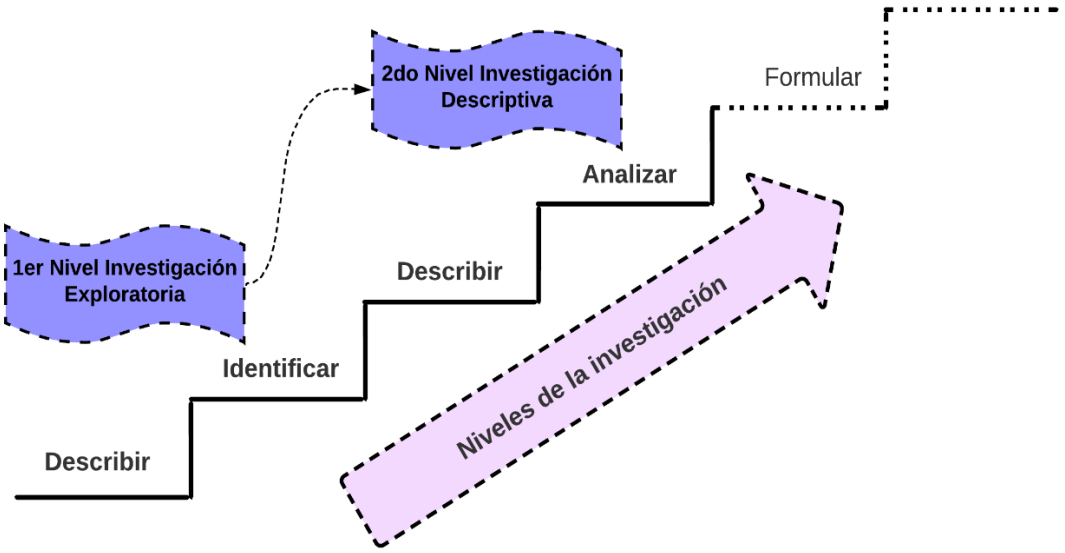


Figura N° 3.2: Niveles de la Investigador

3.3 ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Enfoque de Investigación

El enfoque de la presente investigación es de naturaleza Cualitativa, siguiendo lo definido por Hernández et al. (2014). La investigación cualitativa explora y describe casos particulares, se basa en un razonamiento inductivo, va de lo particular a lo general. Estudia fenómenos en sujetos o poblaciones específicas y no intenta generalizar los resultados basándose en la cantidad de casos estudiados.

Según Hernández y Mendoza (2018), en el enfoque cualitativo también se estudian fenómenos de manera sistemática. Sin embargo, en lugar de comenzar con una teoría y luego “aplicarla” al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados, el investigador comienza el proceso examinando los hechos en sí y revisado los estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando que ocurre.

De lo mencionado en los dos párrafos anteriores, el autor de este documento concluye que su investigación tiene el enfoque de investigación cualitativa y cuantitativa. El estudio realizado y el contenido de la investigación se desarrollan dentro de un mismo paradigma.

3.3.2 Diseño de Investigación

Según Arias (2012), el diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental. La estrategia está definida por el origen de los datos y por la manipulación o no, de las condiciones en las cuales se realiza el estudio.

Para el caso de esta investigación, se realizó primero una investigación documental. Es decir, según Arias (2012), la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Luego de la investigación documental y conociendo lo que se ha investigado hasta la fecha. El investigador realizará una investigación de campo, para Quezada (2010), este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Como es compatible desarrollar este tipo de investigación junto a la investigación de carácter documental, se recomienda que primero se consulten las fuentes de carácter documental, a fin de evitar una duplicidad de información o lo que ya es conocido o ha sido investigado por otros.

Para efectos de esta investigación el autor de este documento definirá las variables de estudio, para consolidar la estrategia general que adoptará el investigador al problema planteado (Arias, 2006). En este caso se realizó un diagrama de Ishikawa (Causa- Efecto) para conocer las causas principales relacionadas a la problemática principal de esta investigación (Ver figura N° 3.3). Este diagrama de Ishikawa o espina de pescado fue elaborado a partir de la revisión bibliográfica revisada por el investigador.

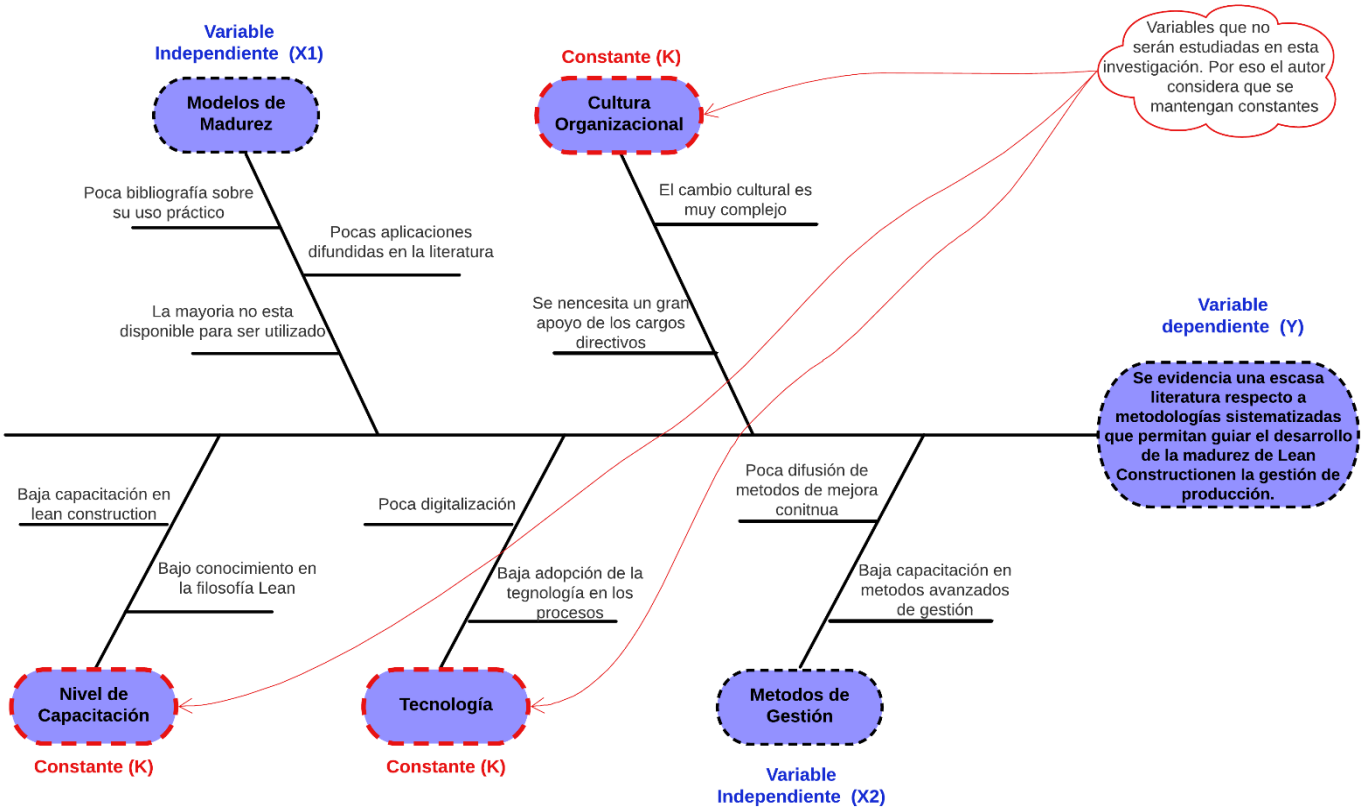


Figura N° 3.3: Identificación de variables de estudio

El autor de este documento identificó cinco variables que influyen directamente en la problemática principal de la presente investigación. Con fines de delimitar la investigación y focalizar el objeto de estudio se consideraron tres variables de estudio constantes (k). Mientras que las otras dos variables son las denominadas variables independientes X1 y X2 de esta investigación. El criterio metodológico para dar solución al problema de investigación sigue lo propuesto por Hernández et al. (2014), donde sugiere la identificación de variables de estudio (independiente y dependiente). Siendo la variable dependiente la problemática principal de la investigación y las variables independientes las posibles soluciones. Estas dos variables se correlacionan para formar una función F(x), con el fin de “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Babbie, 2014, como se citó en Hernández et al.,2014). Es una forma de experimentar para llegar a una solución, igual que cuando mezclamos sustancias químicas y vemos la reacción provocada, o cuando nos cambiamos de peinado y observamos el efecto que causa en nuestras amistades. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados (Hernández et al.,2014).

Para Hernández et al. (2014), el término “experimento” se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

Figura N° 3.4: Relación entre variables dependiente e independiente

Fuente: Hernández et al. (2014)

Hernández et al. (2014) afirma que La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella. Esto se esquematiza de la siguiente manera (Ver Figura N°3.5):

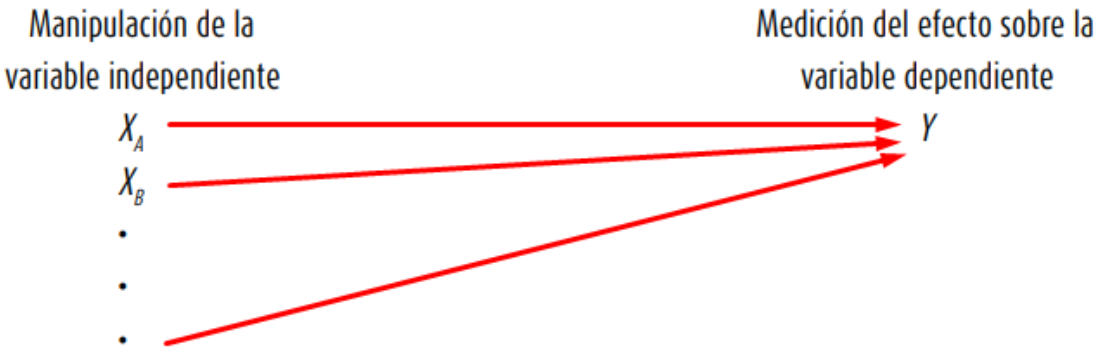


Figura N° 3.5: Esquema de experimento y variables

Fuente: Hernández et al. (2014)

Para el caso del presente estudio, el investigador consideró necesario agrupar las variables de investigación en una función lineal tipo:

$$\underbrace{F_{(x)}}_{\text{Variable dependiente}} = a\underbrace{X_i}_{\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}\ \text{Variables Independientes}} + \underbrace{k}_{\text{Variables Constantes}}$$

Figura N° 3.6: Esquema de experimento y variables

A partir del nivel de la investigación exploratoria y descriptiva se logró definir las variables de estudio y se logrará identificar posibles soluciones, que serán soportadas con los estudios documentales y de campo realizados por el investigador. A continuación, se detalla la estructura general del diseño de la investigación propuesta para esta investigación (Ver Figura N° 3.7).

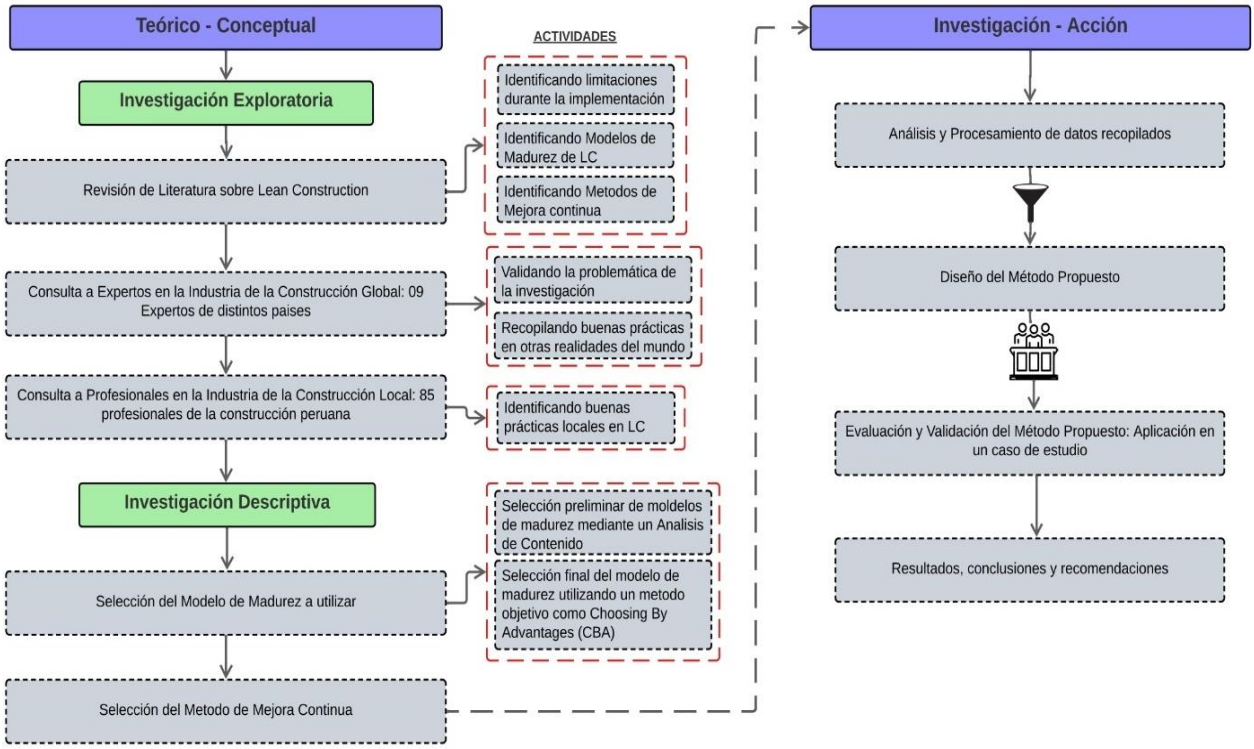


Figura N° 3.7: Esquema de Diseño de Investigación

El desarrollo del método de investigación está definido por dos etapas: Teórico-Conceptual – conformado por la investigación exploratoria y la investigación descriptiva, e Investigación-Acción – conformado por el diseño de la propuesta de metodología, y la validación mediante la aplicación en un caso de estudio. La Investigación-Acción se justifica porque existe la necesidad de construir y validar una metodología propuesta (Vieira et al., 2022). La relevancia de utilizar este método de investigación; es que, permite identificar vacíos en el conocimiento existente y validar la solución planteada durante el proceso de investigación.

3.4 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

3.4.1 Revisión de la literatura

La revisión de la literatura comprendida en la parte exploratoria de esta investigación se desarrollará en el capítulo IV y V de este documento. Sin embargo, en este capítulo se mostrará la Tabla N° 3.1 de los modelos de madurez identificados y la Tabla N° 3.2 de los métodos de mejora continua encontrados.

Tabla N° 3.1 Resumen de los modelos de madurez encontrados

Modelos de Madurez	Descripción
MDCE (2010) Arantes, Brasil	Cuestionario de 24 preguntas, completado por evaluador externo a través de entrevistas respuestas del agente responsable de implementar la filosofía de LC en la empresa
EGACE (2012) Pereira, Brasil	Cuestionario con 40 preguntas, completado por profesionales de la construcción a través de una encuesta en línea.
Modelo de Madurez de Lean Construction (LCMM) (2014) Nesensohn, Reino Unido	Marco con 75 declaraciones organizadas en 11 atributos clasificados en 6 capas, evaluando cada atributo a través de una escala Likert de 0 a 4.
Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC) (2016) Soto Becerra, Chile	Cuestionario de autoevaluación aplicado por evaluador interno, evaluando 16 prácticas de CL en escala Likert de 0 a 5, organizadas en 6 principios.
ALC (2016) Sweis et al, Jordan	Gráfico de radar con marcadores que presentan la evaluación de los 5 principios con cinco niveles absolutos
LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016), USA	Cuatro gráficos de radar con marcadores, uno para cada elemento principal, que presenta la evaluación de las 36 características descritas y un gráfico de resumen de radar con puntuación de cuatro elementos principales.
EISLC (2016) Li et al., China	Marco con 26 enunciados organizados en 7 instrumentos evaluados en escala Likert de 0 a 5 por diferentes actores de la empresa en entrevista
DOLC (2017) Carvalho and Scheer, Brasil	6 cuestionarios, con unas 30 preguntas cada uno, aplicados por evaluadores externos a agentes internos (diseñador, ingeniero, trabajador, director, proveedor) y externos (cliente) de la empresa. Respuestas libres (cualitativas) que el evaluador debe cuantificar en una escala Likert de 0 a 3
CC&FD for LC SMEs Tezel et al. (2017), Reino Unido	2 cuestionarios, uno para evaluar las condiciones actuales y otro para evaluar direcciones futuras, las preguntas se distribuyen en 5 categorías. El primero con 31 afirmaciones y el segundo con 40. Cada afirmación se evalúa en escala Likert de 1 a 5
LCMR (2018)-Marco Para La Evaluación Progresiva De La Madurez Utilizando La Matriz Multidimensional	Cuestionario de autoevaluación enfocado en 3 dimensiones de la Madurez. Manifestación física, Manifestación Conductual y Manifestación Estratégica con cada peso según el IIR.
SLC-Emodel (2019)-Modelo de Evolución de la Madurez de Lean Construction en la Gestión de Producción de Proyectos de Construcción.	El modelo está conformado por 3 categorías, 7 factores y 35 atributos que provienen de la consulta y clasificación de 111 profesionales de los 5 continentes del mundo. La clasificación de la madurez se da en 5 niveles.

Tabla N° 3.2 Resumen de métodos de mejora continua encontrados

Métodos de Mejora Continua	Descripción
Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA)	En 1930, Walter Shewhart definió cuatro pasos para el despliegue de Kaizen, formando un ciclo conocido como: planificar (Plan), hacer (Do), verificar (Check) y actuar (Act).
Toyota Kata	El libro "Toyota Kata" introdujo el concepto de las Katas (mejora y entrenamiento) de Toyota al mundo. Al hacerlo, reveló un lado muy práctico, pero disciplinado de Toyota.
Seis Pasos Hacia La Mejora	El libro "Toyota Kaizen Methods Six Steps to Improvement", propone un modelo conformado por 6 pasos en forma holística al comportamiento natural de buscar mejoras secuenciales (Kaizen).
Metodología De Mejora De Procesos Para La Construcción	Serpell y Alarcón (1998), presentan una metodología estructurada desarrollada para la mejora y la eliminación de residuos en los proyectos de construcción. Esta metodología consta de 6 pasos o procesos.
Administrar La Mejora Con SDCA & PDCA	Imai (1989) menciona una metodología estructurada para orientar el mejoramiento en forma escalonada, similar a subir una escalera paso a paso.
Modelo Para El Desarrollo De Proyectos Kaizen	Según Vivan et al. (2016) presenta una metodología para la implementación de eventos Kaizen. Este método está conformado por 4 etapas principales.
Mecanismo De Pensamiento Cientifico - Scientific Thinking Mechanism (STM)	Shingo (1987) propone un enfoque científico para identificar problemas, proponer y desarrollar mejoras, e implementarlas en una organización sistemática orientada al flujo.
Metodología Para La Mejora Continua En La Construcción	Muñoz (2020) propone una metodología basada en una revisión de bases metodológicas que fomentan una cultura de mejora basado en el Kaizen.

3.4.2 Consulta a expertos en la industria de la construcción global

También se recopilaron buenas prácticas de otras partes del mundo (Ver Tabla N° 3.3). Mediante una consulta a expertos en diferentes países, donde se vienen desarrollando proyectos bajo el enfoque de LC.

Tabla N° 3.3 Resumen de los hallazgos encontrados en la consulta a expertos

Estructura	Resultados de la Encuesta
EXPERIENCIA EMPIRICA	Sirvió para identificar criterios generales en los primeros pasos para la adopción de LC y las razones generales de la falta de sostenibilidad de LC a lo largo del tiempo.
BUENAS PRÁCTICAS	Énfasis en la identificación de métodos que permiten la sostenibilidad de las prácticas de LC durante la ejecución de un proyecto y permitió conocer por donde iniciar en un proceso de implementación de LC.
MODELOS DE MADUREZ	Permitió conocer la percepción que se tiene respecto al uso de los Modelos de Madurez en LC, su utilidad en la industria de la construcción e identificar cuáles son los más conocidos o utilizados en la práctica.
MEJORA CONTINUA	En la encuesta final se identificaron los patrones en común que deben tener los métodos que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado.

Donde los expertos identificados respondieron 8 preguntas con respuestas abiertas, para que brinden la mayor información posible, basado en su experiencia y criterio único. La encuesta para los expertos fue estructurada en 4 bloques: Experiencia Empírica, Buenas Prácticas, Modelos de Madurez y Mejora Continua (Ver Tabla N° 3.3).

Los expertos fueron escogidos según lo recomendado por Meuser & Negal (2014). Donde el Concepto de experto será válido para una investigación debido a que este posee un conocimiento fuera del sentido común y está fuera del alcance de la comunidad, solo así se puede indicar que el profesional es un experto y su juicio puede aportar a la investigación, este poder de conocimiento del experto genera que la investigación tome valor (Meuser & Negal, 2014). El perfil y las características de los profesionales escogidos como expertos en esta investigación se puede observar en el Anexo C, la encuesta entregada a los expertos se puede observar en el Anexo A y las respuestas brindadas por los expertos se puede observar en el Anexo D.

3.4.3 Consulta a profesionales en la industria de la construcción local

La encuesta a los profesionales locales tiene como objetivo principal conocer las prácticas utilizadas por los profesionales de la arquitectura, ingeniería y

construcción (AEC) en la gestión de proyectos de construcción. Esta encuesta fue dirigida a ingenieros, arquitectos, empresarios, implementadores y todo aquel profesional relacionado a la industria de la AEC (Anexo B). Esto con el fin de conocer que se ha avanzado a la fecha y que se puede considerar como buenas prácticas locales en la industria de la construcción peruana.

3.4.3.1 Diseño muestral

Para realizar la encuesta debemos definir el universo de estudio y el tamaño mínimo de la población encuestada, que permita generar una cantidad de respuestas que sea representativa bajo las condiciones establecidas por el investigador.

Universo de estudio

La población de estudio está conformada por todos los profesionales que pertenezcan a la industria de la AEC y que participen en cualquier de las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción (concepción, ingeniería de detalle, construcción, operación y mantenimiento). Debido a estas características la población de estudio es infinita, es decir no es posible conocer con exactitud dicha población de estudio.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra será calculado para una población infinita, dado que no se conoce el tamaño de la población. Para Aguilar (2005), el cálculo para cuantificar el tamaño de la muestra en una población infinita estará dado por la siguiente expresión:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

Z: Nivel de confianza (95%, 1.96)

p: % asumido de profesionales que utilizan LC y MM en el Perú (5%)

q: % asumido de profesionales que utilizan LC y MM en el Perú (95%)

e: Margen de error asumido (5%)

Entonces:

$$n = 73$$

Por lo tanto, la cantidad mínima de profesionales encuestado es 73. Para este estudio se encuestó a 85 profesionales de la industria de la EAC.

3.4.3.2 Resultados de la encuesta

La encuesta realizada a los profesionales peruanos de la construcción fue estructurada en cuatro bloques: 1) datos generales del profesional encuestado, 2) implementación y aplicación de LC en la organización, 3) conocimiento y aplicación de MM de LC, 4) conocimiento y aplicación de métodos de mejora continua en la organización donde trabaja.

Datos generales del profesional

En la encuesta participaron 85 profesionales de la construcción donde se buscó identificar el perfil de los profesionales que participan en el estudio exploratorio. Se puede observar los resultados en el Anexo E.

Implementación y aplicación de LC en la organización

En la encuesta se busca identificar cuáles son los instrumentos del mapa de conocimiento de Lean construcción utilizadas en el día a día por los proyectos de construcción. En este bloque se plantean preguntas con escala de liker para identificar la frecuencia de uso de herramientas, técnicas o hábitos de la filosofía Lean. Se puede observar los resultados en el Anexo E.

Conocimiento y aplicación de los MM de LC en la organización

En la encuesta se busca conocer la frecuencia de uso y el conocimiento de los modelos de madurez en los proyectos de construcción de la industria peruana. Con esta encuesta exploratoria se podrá saber que tanto se ha popularizado los modelos de madurez en la industria de la construcción peruana. Se puede observar los resultados en el Anexo E.

Conocimiento y aplicación de métodos de mejora continua en la organización

En la encuesta se busca conocer la frecuencia de uso y el conocimiento de los métodos de mejora continua en los proyectos de construcción de la industria peruana. Con esta encuesta exploratoria se podrá conocer que tanto se ha popularizado los métodos de mejora continua en la industria local. Se puede observar los resultados en el Anexo E.

CAPÍTULO IV: MODELOS DE MADUREZ

El propósito de este capítulo es identificar los modelos de madurez de LC existentes en la literatura. Así también, realizar un análisis de contenido para identificar, clasificar y seleccionar los más adecuados a la realidad del presente estudio. Para lograr este objetivo, el capítulo comienza con una descripción de cada uno de los modelos de madurez encontrados, seguido de la definición de las categorías y subcategorías que se utilizarán en el análisis de contenido y la clasificación de los modelos de madurez según una escala de colores.

4.1 MODELOS DE MADUREZ LEAN CONSTRUCTION

4.1.1 Modelo de Diagnóstico de Madurez de Lean Construction (MDMLC)

El modelo fue presentado en la escuela de ingeniería de Sao Carlos, Universidad de Sao Paulo en el año 2010. El instrumento está basado en Principios de Lean Construction de Koskela (1992) y principios de Lean Thinking de Womack y Jones (1997) y conceptos propuestos por Rentes (2009). El método de evaluación está basado en 24 preguntas, completado por evaluador externo a través de entrevistas y respuestas del agente responsable de implementar la filosofía de LC en la empresa. Los principales factores de evaluación son: 1) Reducir la proporción de actividades que no agregan valor; 2) Aumentar el valor de la producción mediante la consideración sistemática de los requisitos del cliente; 3) Reducir la variabilidad; 4) Reducir el tiempo de ciclo; 5) Simplificar minimizando el número de pasos y partes 6) Aumentar la flexibilidad de la producción; 7) Aumentar la transparencia del proceso; 8) Centrar el control en el proceso completo; 9) Incorporar la mejora continua en el proceso; 10) Equilibrar la mejora del flujo con la mejora de los procesos de conversión; 11) Realizar un Benchmark con otras organizaciones. También, el criterio de diagnóstico o la escala de resultados final considera si el principio es “aplicado”, está en “desarrollo” o “no aplicado” y también si la empresa tiene interés en la “implementación” y lo ve como una “oportunidad”. Esto es todo lo que se conoce sobre el MM, debido a que no se dispone de acceso a la investigación completa en ningún base de datos científica ni en el repositorio de la Universidad de Sao Paulo. Por lo que no hay posibilidad de profundizar con mayor detalle en el modelo de madurez propuesto por Arantes (2010).

4.1.2 Modelo - Herramienta de Evaluación Lean para Proyectos de Construcción (HELPC)

La herramienta fue presentada en la revista Journal of Management in Engineering en el año 2006. La herramienta de evaluación Lean fue desarrollada para evaluar la implementación de cada técnica del conocimiento Lean, siendo estos: 1) Last Planner; 2) Aumento de la visualización; 3) Reuniones de equipo; 4) Estudios de primera ejecución; 5) 5S (metodología que tiene como objetivo mantener un lugar de trabajo organizado, limpio y seguro); 6) Prevención de errores para la calidad. La herramienta de evaluación se basa en una lista de verificación de prácticas de construcción Lean. Esta lista de verificación se presenta en la Tabla N° 4.1. Cada herramienta está dividida por elementos específicos esenciales para una implementación exitosa. En lugar de asignar un puntaje único para cada elemento, la gerencia definió algunos criterios (conocimiento, comunicación, interacción con otras herramientas) para cuantificar la implementación. Cada ítem se califica en una escala lingüística con seis valores: ninguno (N), muy bajo (VL), bajo (L), moderado (M), alto (H) y muy alto (VH).

En la Figura N° 4.1 se muestra como ejemplo un formato de evaluación para evaluar el Last Planner. En el articulo realizado por Salem et al. (2006), se tomó tres medidas durante el proyecto. La primera medida será el estado inicial durante la primera semana del estudio. La segunda medida fue un valor objetivo establecido por cada líder. La tercera medida será el nivel final de implementación; al final del estudio se calculará una puntuación media convirtiendo la escala lingüística en números del 0 al 10. La Figura N° 4.2 muestra un resumen de las puntuaciones de cada herramienta en lo que los autores denominaron diagrama de telaraña. El propósito del diagrama es proporcionar una forma simplificada de evaluar el progreso de la implementación.

Para profundizar sobre la evaluación detallada de cada una de las seis técnicas considerdas por el MM – HELPC. Se debe consultar el documento realizado por Salem et al. (2006), donde se propuso el modelo mencionado.

Tabla N°4.1 Herramienta de Implementación Lean

Fuente: Salem et al. (2006)

Alcance	Técnica	Requisitos	Criterios/Cambio
Variabilidad de flujo	Last Planner	Fase inversa	Enfoque Pull
		Planificación	Calidad
		Previsión de seis semanas Semanal	Conocimiento
		plan de trabajo Razones de la variación	Comunicación
		Gráficos de PPC	Relación con otras Herramientas
Variabilidad del proceso	Prevención de errores para la calidad	Comprobar la calidad	Acciones en el lugar de trabajo
		Comprobar la seguridad	Esfuerzo de equipo
			Conocimiento
			Comunicación
			Relación con otras herramientas
Transparencia	5S´	Clasificar	Acción en el lugar de trabajo
		Ordenar	Esfuerzo de equipo
		Limpiar	Conocimiento
		Estandarizar	Comunicación
		Disciplina	Relación con otras herramientas
	Aumento de la visualización	Gráficos de compromiso	Acción en el lugar de trabajo
		Señales de seguridad	Esfuerzo de equipo
		Rótulos móviles	Conocimiento
		Hitos del proyecto	Comunicación
		Gráficos de PPC	Relación con otras herramientas
Mejora continua	Reuniones de equipo	Reunión de todos los capataces	Tiempo usado
		Reunión de inicio de jornada	Revisar el trabajo a realizar
			Temas cubiertos
			Comunicación
			Relación con otras herramientas
	Estudios de primera ejecución	Plan	Acciones en el lugar de trabajo
		Do	Esfuerzo de equipo
		Check	Conocimiento
		Act	Comunicación
			Relación con otras herramientas

Herramienta: Last Planner

Estado inicial							
Criterios	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Fecha inicial: 8/25/2003**	
Elementos	Enfoque Pull	Calidad	Conocimiento	comunicación	Relación con otras herramientas	**Descripción**	**Puntaje**
Programación de fase inversa (RPS)	Bajo (4)	Bajo (4)	Muy bajo (2)	Moderado (6)	Ninguno (0)	Los planificadores no estaban familiarizados con RPS	4
Seis semanas anticipación (6WLA)	Bajo (4)	Bajo (4)	Muy bajo (2)	Moderado (6)	Ninguno (0)	El director del proyecto no estaba familiarizado con 6WLA	4
Plan de trabajo semanal (wwp)	Bajo (4)	Bajo (4)	Muy bajo (2)	Moderado (6)	Ninguno (0)	Se llevó a cabo una reunión semanal para revisar el trabajo futuro sin ninguna venta formal.	4
Análisis de motivos de variación (ARV)	Bajo (4)	Bajo (4)	Ninguno (0)	Moderado (6)	Ninguno (0)	El desempeño se midió en términos de costo a nivel de proyecto. Las variaciones no estaban documentadas	5.2
Gráficos de PPC	Bajo (4)	Bajo (4)	Muy bajo (2)	Moderado (6)	Ninguno (0)	No se publicaron gráficos de rendimiento en el tráiler.	4
						Puntuación media	**4.24**
Estado actual							
Criterios	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Fecha actual: 1/15/2004**	
Elementos	Enfoque Pull	Calidad	Conocimiento	comunicación	Relación con otras herramientas	**Descripción**	**Puntaje**
Programación de fase inversa (RPS)	Muy alto (10)	Alto (10)	Moderado (6)	Alto (10)	Moderado (6)	Cada planificador se basa en RPS para estimar las duraciones reales. Sin embargo, la RPS no se realizó para todas las fases del proyecto.	7.6
Seis semanas anticipación (6WLA)	Alto (10)	Alto (10)	Alto (10)	Alto (10)	Moderado (6)	El director del proyecto prepara el 6WLA periódicamente. El análisis de contracciones se limita a problemas materiales.	7.6
Plan de trabajo semanal (wwp)	Alto (10)	Alto (10)	Alto (10)	Muy alta (10)	Moderado (6)	Los planificadores preparan el trabajo para la semana siguiente, estiman la duración de cada actividad y se comunican abiertamente en la reunión.	8
Análisis de motivos de variación (ARV)	Moderado (6)	Moderado (6	Moderado (6)	Bajo (4)	Moderado (6)	El director del proyecto revisa el desempeño e identifica las principales razones de la variación. AVR no es consistente con el análisis de restricciones en el 6WLA.	5.6
Gráficos de PPC	Alto (10)	Alto (10)	Moderado (6)	Alto (10)	Moderado (6)	El personal prepara los gráficos de PPC.	7.2
						Puntuación media	**7.2**

Figura N°4.1: Formato de Evaluación Lean

Fuente: Salem et al. (2006)

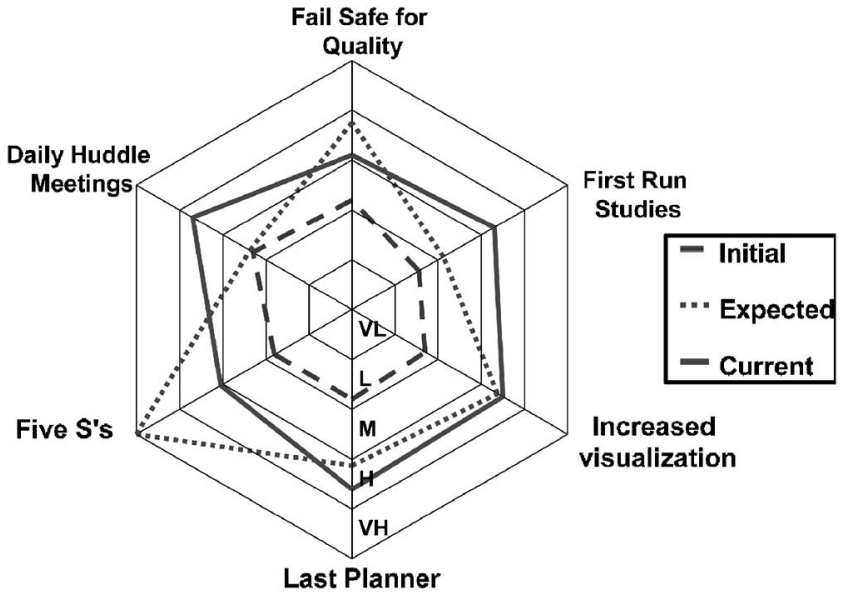


Figura N°4.2: Ejemplo - Herramienta de evaluación Lean: diagrama de telaraña

Fuente: Salem et al. (2006)

4.1.3 Modelo de Evaluación Rápido de Lean Construction - Calidad (LCR)

Según Hofacker et al. (2008), el modelo de evaluación fue presentado en el 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Manchester, UK en el año 2008. El modelo es único y sencillo para evaluar la calidad y el grado de esbeltez relacionados con la búsqueda de la filosofía lean en un proyecto de construcción. Un marco estandarizado permite combinar la evaluación cualitativa a través de la observación junto con el análisis cuantitativo. Para llevar a cabo la aplicación del modelo LCR de manera adecuada, existen varios requisitos previos necesarios. Las entrevistas deben estar bien preparadas antes de la visita al sitio, por lo tanto, la información del proyecto y de la empresa debe recopilarse de antemano. Las visitas al sitio y las entrevistas deben realizarse con dos o más entrevistadores, para reducir el sesgo y facilitar la observación y el interrogatorio. Los 30 puntos de calificación deben saberse de memoria. El modelo de evaluación no debe completarse durante la visita al sitio y ni en el interrogatorio. Este facilita una mejor observación y crea un mejor ambiente de confianza entre el entrevistador y el entrevistado. Una hora de visita al sitio se considera suficiente para poder calificar el proyecto de acuerdo con el Modelo LCR. Los dos o más entrevistadores deberán llenar el cuestionario de forma independiente inmediatamente después de la visita. Posteriormente, los resultados de los observadores externos se comparan, discuten, fusionan y los entrevistadores deben acordar una versión final. También se recomienda que los mismos investigadores apliquen el modelo LCR a tantos proyectos como sea posible para obtener más experiencias y una noción de calificación más clara. De esta forma, el sesgo se reducirá tanto como sea posible.

El modelo evalúa seis factores, siendo estos: 1) Enfoque al cliente; 2) Conciencia de desperdicios; 3) Calidad; 4) Flujo de materiales; 5) Organización, planificación y flujo de información; 6) Mejoramiento continuo. Para cada uno de los seis factores se calculan los porcentajes entre el total de puntos de calificación alcanzables y alcanzados. Los resultados se visualizan dentro de un gráfico. De esta manera, es fácil comprender visualmente las fortalezas y debilidades actuales del proceso de producción dentro del proyecto respectivo.

El modelo LCR agrupa los resultados de las seis categorías mencionadas anteriormente y sugiere un esquema de clasificación fácil de entender. El

porcentaje total logrado se calcula sumando todos los puntajes logrados, dividido por el puntaje máximo posible (180 puntos, en base a las 30 preguntas). Este porcentaje total se utiliza para la clasificación. Un proyecto con la clasificación más baja se define como proyecto LC-d, mientras que el puntaje más alto posible se clasifica como LC-aaa. La Tabla N° 4.2 describe la clasificación LCR.

Tabla N°4.2 Clasificación LCR y macrointerpretación de resultados

Fuente: Hofacker et al. (2008)

Resultado		% logrado	Paso	Interpretación de clase
LC	aaa	95% a 100%	6	(esforzarse por la perfección en las mejoras de calidad y la aplicación de LC)
LC	aa	89% a 94%	6	
LC	a	81% a 88%	8	
LC	bbb	73% a 80%	8	(enfoque de alta calidad y lean-learning dentro de los niveles principales del proyecto / empresa)
LC	bb	64% a 72%	9	
LC	b	55% a 63%	9	
LC	ccc	46% a 54%	9	(conciencia de la calidad, pero conocimiento bajo o nulo de construcción esbelta)
LC	cc	37% a 45%	9	
LC	c	28% a 36%	9	
LC	ddd	19% a 27%	9	(baja calidad y bajo enfoque de mejora, desperdicio)
LC	dd	10% a 18%	9	
LC	d	0 a 9%	10	

El desarrollo y consideraciones para el uso de este modelo de madurez se puede observar con mayor detalle en la articulo científico realizado por Hofacker et al. (2008).

4.1.4 Modelo de Análisis y Evaluación de Constructoras en Relación con el uso de Lean Construction (MAELC)

Según Carvalho (2008), el modelo se basa en los 11 Principios de lean construction (Koskela, 1992). El cuestionario fue creado a partir de la unión de conceptos teorizados por Koskela en el texto Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción. Informe Técnico #72. Stanford University, 1992. Y adaptado en forma de preguntas que logran extraer información sobre la presencia y eficiencia del principio en la empresa.

El análisis y evaluación del uso de Lean Construction se divide en 06 (seis) cuestionarios y todos ellos deben ser respondidos por al menos una persona que represente cada una de las categorías indicadas: gerencia, ingeniería, trabajadores, proveedores, diseñadores y clientes. Aplicable a cualquier empresa constructora, tenga o no la filosofía lean construction.

La aplicación del cuestionario entre estas diferentes personas pretende establecer una valoración sectorial de las diferentes áreas. Además, de una valoración general de la empresa, en la búsqueda de buenos resultados en la percepción del cliente.

De estos cuestionarios, 05 (cinco) de ellos (directorio, ingeniería, trabajadores, proveedores y diseñadores) servirán como modelo de evaluación del uso del Lean Construction en la empresa. El cuestionario del cliente servirá para demostrar la percepción que tiene el cliente de la constructora en relación con estos 11 principios Lean Construction.

Por lo tanto, la percepción del cliente final sobre estos principios servirá como parámetro a ser analizado por la empresa y comparado con los resultados obtenidos en las demás áreas evaluadas para que se puedan implementar acciones encaminadas a la mejora de la empresa en base a los lineamientos proporcionados por el cliente final.

Los cuestionarios se basan en los 11 (once) principios propuestos por Koskela (1992). Para cada principio se crearon preguntas que vinculan el uso del principio con lo que se observa en la empresa desde los diferentes puntos de vista que componen la cadena de valor de la constructora (ingeniería, gerencia,

trabajadores, clientes, proveedores y diseñadores), así como se muestra en la siguiente Tabla N° 4.3.

El cuestionario de preguntas para evaluar cada uno de los once principios se encuentran detalladas en el documento escrito por Carvalho (2008).

Tabla N°4.3 Relación entre el número de preguntas del cuestionario y los principios de Lean Construction.

Fuente: Carvalho (2008)

PRINCIOS, KOSKELA (1992)		Directores	Ingenieros	Operarios	Clientes	Proveedores	Diseñadores	Número de preguntas / principio
1	Reducción de actividades que no agregan valor	4	4	3	5	4	6	26
2	Mejorar el valor del producto a través de las consideraciones sistemáticas del cliente requeridas por el cliente.	3	3	2	4	3	7	22
3	Reducir la variabilidad	4	4	3	2	4	3	20
4	Reducir el tiempo de ciclo	3	3	4	1	4	4	19
5	Simplificar y minimizar el número de pasos y piezas	5	3	2	3	4	3	20
6	Mejore la flexibilidad del producto	3	2	2	3	4	3	17
7	Mejore la transparencia del proceso	3	3	4	7	4	2	23
8	Centrarse en el control general del proceso	4	3	2	1	2	2	14
9	Introducir la mejora continua de procesos	4	3	3	4	4	4	22
10	Flujo de equilibrio con conversiones mejoradas	5	4	2	1	2	1	15
11	Benchmark (establecer referencias de vanguardia)	1	1	1	1	1	1	6
	TOTAL DE PREGUNTAS	39	33	28	32	36	36	204

El cuestionario debe ser aplicado preferentemente por una persona externa a la corporación y que tenga conocimiento de los conceptos de la filosofía Lean Construction para poder resolver las posibles dudas que puedan surgir con respecto a algunas de las preguntas del cuestionario. Este cuestionario fue diseñado para ser aplicado en un máximo de 45 minutos por entrevistado. El encuestado puede hacer comentarios espontáneos sobre cada pregunta, estos comentarios se insertarán para complementar la comprensión del contexto de la

empresa, sin embargo, no se contarán para la evaluación de la empresa, siendo consideradas solo las respuestas indicadas. en la escala de valoración del cuestionario.

El cuestionario se desarrolló de tal forma que el entrevistado clasifique a la empresa constructora de acuerdo con las características que ve en la organización. Estas preguntas vinculan el principio con las funciones que desempeña cada entrevistado en el contexto de la empresa.

Cada pregunta fue elaborada y dirigida para que el encuestado pudiera vincular los aspectos que ve en la empresa constructora, en su trabajo diario, y que encajen con los principios de Lean Construction. Esta clasificación va de 0 (cero) a 3 (tres). Se determinó el uso de una clasificación con 4 (cuatro) niveles diferentes, es decir, utilizando una escala con un número par. De esta forma, se pretende evitar que el encuestado indique inconscientemente la clasificación con el nivel intermedio.

De esta forma, la clasificación que debe realizar el informante se ajusta a la Tabla N° 4.4.

Tabla N°4.4 Niveles de calificación del cuestionario.

Fuente: Adaptado de Lucato et al., (2006)

Nivel 0	El principio no está presente o hay grandes inconsistencias en su implementación
Nivel 1	El principio está presente, pero hay inconsistencias menores en su implementación
Nivel 2	El principio está plenamente presente y se implementa de manera efectiva
Nivel 3	El principio está completamente presente, implementado de manera efectiva y muestra mejoras en su ejecución.

Los resultados obtenidos en forma de porcentaje de rendimiento se clasificaron en la siguiente Tabla N° 4.5.

Tabla N°4.5 Clasificación de la empresa según el nivel de la Constructora.

Fuente: Modificado de Hofacker et al. (2008).

NÍVEL	SUBNIVEL	PORCENTAJE	CARACTERÍSTICA
A	AAAAA A	95% a 100% 90% a 94% 85% a 89%	Búsqueda de la perfección en la construcción Lean
B	BBBBB B	80% a 84% 75% a 79% 70% a 74%	Conciencia y aprendizaje lean
C	CCCCC C	65% a 69% 60% a 64% 55% a 59%	Enfoque en la calidad, pero conocimiento bajo o nulo de la construcción esbelta.
D	DDDDD D	50% a 54% 45% a 49% 0 a 44%	Bajo enfoque en las mejoras. Conocimiento cero sobre construcción esbelta

Esta clasificación también se puede mostrar en forma de Radar relleno, ver Figura N° 4.3, que está disponible en varios programas de hojas de cálculo.

El gráfico de Radar Completado se divide en 04 (cuatro) niveles, dispuestos de la siguiente manera:

- Nivel – A (85% a 100%)
- Nivel – B (70% a 84%)
- Nivel – C (55% a 69%)
- Nivel – D (0% a 54%)

La clasificación final indica que cada nivel debe subdividirse en otros 03 subniveles como se describe en la tabla anterior. Este gráfico será la herramienta utilizada para representar los resultados obtenidos con el cuestionario en los casos de estudio desarrollados en este trabajo. A partir de este gráfico, es posible analizar individualmente el desempeño de cada una de las diferentes personas involucradas en sus respectivas áreas en relación con los resultados totales y

actuar puntualmente para mejorar el desempeño de los puntos críticos identificados.

Este gráfico se divide en 4 colores que representan los 4 niveles diferentes, el color verde se refiere al nivel "A", el color amarillo se refiere al nivel "B", el color naranja se refiere al nivel "C" y el color rojo se refiere al nivel "D".

De esta forma, el esquema de colores ayuda al usuario a analizar los resultados obtenidos, con el color rojo vinculado al peor nivel de clasificación, mostrando claramente las áreas deficientes de la empresa.

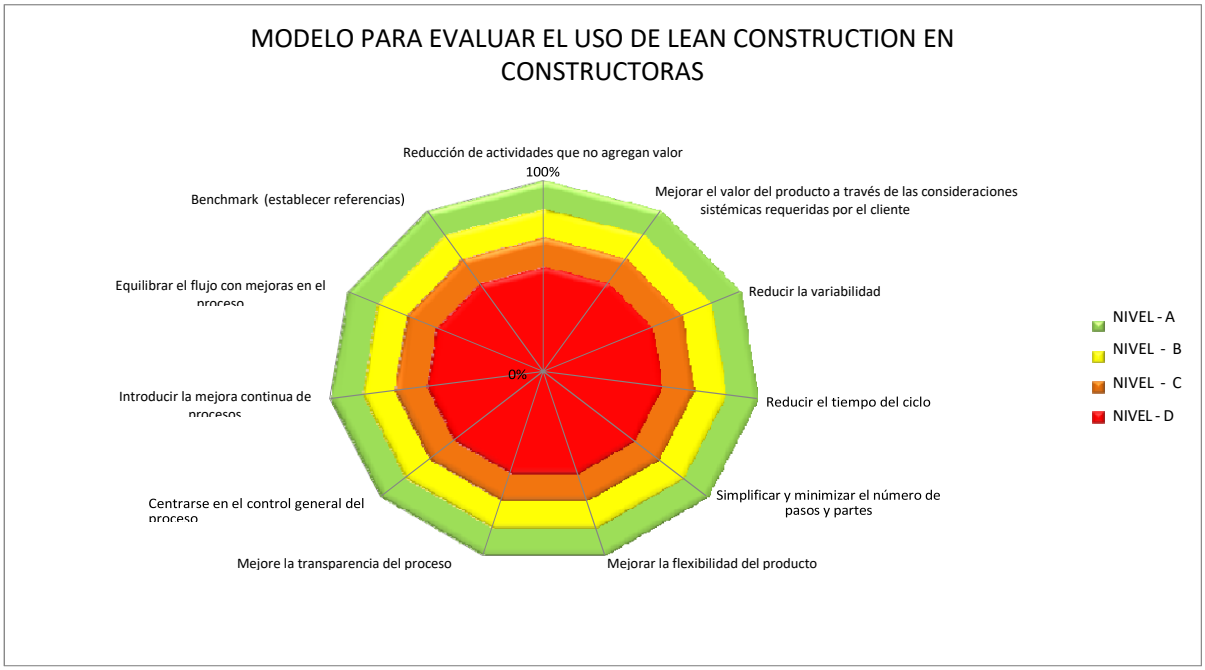


Figura N°4.3: Ejemplo - Modelo para evaluar el uso de Lean Construction en empresas constructoras.

Fuente: Carvalho (2008)

El desarrollo y consideraciones para el uso de este modelo de madurez se puede observar con mayor detalle en la tesis de maestria realizada por Carvalho. Donde se puede pronfundizar más sobre la fundamentación teórica y práctica del modelo de madurez planteado por Carvalho (2008).

4.1.5 Modelo - Auditoria Lean - C. Rolim Ingeniería (ALC)

Este modelo de madurez es una herramienta propuesta por Valente et al. (2012) en la 20th Conferencia Anual del Grupo Internacional de Lean Construction, San Diego -IGLC, para realizar auditorías internas sobre el nivel de aplicación, implementación y consolidación de la filosofía Lean en los proyectos de construcción en una organización. Con base en las herramientas de desempeño de evaluación lean existentes (Carvalho 2008); y para considerar tanto los principios de producción lean (Womack et al. 1990) como los principios lean construction (Koskela 1992). Diseñaron una lista de verificación lean dividida en siete temas.

Los siete temas del checklist son: Planificación y Gestión de la Producción, Kanbans, Jidoka, Flujos, Producción, Transparencia y Limpieza, Organización y Seguridad. Cada uno incluye preguntas generales y características específicas de la empresa sobre este tema (Valente 2011). El enfoque de la lista de verificación considera el viaje lean de la empresa, sus metas y objetivos en la evolución lean.

Los requisitos de auditoría lean involucran aspectos tanto cualitativos como cuantitativos, con el fin de informar a los altos directivos todas las observaciones relevantes, ya que no tienen tiempo suficiente para recorrer periódicamente todo el sitio de construcción, lo que dificulta la identificación de dificultades y evoluciones. Sin embargo, es claro que, para cada pregunta de cada tema, existe una evaluación cualitativa de este aspecto, que será analizada a través de algunos criterios (Valente et al., 2012).

Se adoptaron cinco criterios de evaluación para cada uno de los ítems propuestos en la lista de verificación lean: Ninguno en el Trabajo, correspondiente a cero puntos; Pobre, correspondiente a 1 punto**;** Bueno**,** correspondiente a 2 puntos; Excelente, correspondiente a 3 puntos; y No Aplica, cuando el ítem de la emisión se excluye de todo el análisis. Esta escala se dividió en solo cuatro partes, para que sea simple, fácil y no deje dudas al auditor para concluir en qué nivel se encuentra esa herramienta o técnica evaluada. Más aún, dadas las particularidades de cada fase de la obra, era necesario incluir el criterio de que la herramienta o la técnica no era aplicable en ese momento (Valente et al., 2012).

A continuación, se presentan las listas de verificación de cada uno de temas del checklist:

Tabla N°4.6 Preguntas para Planificación y Gestión de la Producción

Fuente: Valente (2011)

Preguntas	No Aplicable	Calificación
¿La Línea de Saldo se monitorea mensualmente? ¿Quién es el responsable de este seguimiento?		
¿El termómetro (indicador) y la radiografía están actualizados y expuestos en la sala técnica? ¿Cuál es el valor actual del termómetro?		
¿El Plan de Mediano Plazo se encuentra actualizado y monitoreado mensualmente? ¿Quién es el responsable de este seguimiento? ¿Se enumeran correctamente las restricciones?		
¿La TIR está actualizada y expuesta en la sala técnica?		
¿El Plan a Corto Plazo está actualizado para la semana actual? ¿Se almacenan correctamente los registros anteriores? ¿Quién es el responsable de este seguimiento?		
¿El PPC está actualizado para la semana actual (en comparación con la semana anterior)?		
¿Se tabulan y analizan los datos de PPC y las causas del incumplimiento de las actividades semanales para la mejora continua?		
¿Se implementan mejoras en base al análisis de las causas de los problemas ocurridos? ¿Cual? ¿Disminuyó la recurrencia de problemas con las mejoras adoptadas?		
¿Los responsables de Planificación y Control de la Producción cuentan con tiempo suficiente para las actividades de planificación y mejora?		
¿Está actualizado el Cronograma de Abastecimiento basado en el Largo/Medio/Corto Plazo?		

Tabla N°4.7 Preguntas para Kanban

Fuente: Valente (2011)

Preguntas	No Aplicable	Calificación
¿Están correctamente calculados y marcados los Kanbans de existencias mínimas?		
¿Quién gestiona Mortar Kanbans? ¿Están las tareas debidamente distribuidas entre los responsables?		
¿Se colocan Mortar Kanbans en el administrador central de kanban de mortero un día antes de su uso?		
¿Los rasgos solicitados de Mortar Kanbans se distribuyen a los equipos antes de que comiencen sus paquetes de trabajo?		
¿El lugar de trabajo de la hormigonera está preparado para trabajar con el sistema Kanban (gestor de kanban limpio y bien mantenido, reloj y tabla de seguimiento en un lugar visible)?		
¿Están los Material Kanbans en pleno funcionamiento? ¿Para qué materiales, específicamente?		

Tabla N°4.8 Preguntas para Autonomía

Fuente: Valente (2011)

.Preguntas	No Aplicable	Calificación
¿Están las tareas debidamente distribuidas entre los responsables? ¿Quién observa el panel de control en la sala técnica? ¿Quién recoge la información de los equipos? ¿Quién tabula los datos? ¿Quién lleva a cabo las capacitaciones?		
¿Existen interruptores de activación en todos los pisos de la obra? ¿Están funcionando correctamente?		
¿Se están tabulando correcta y mensualmente los registros de alertas y paradas?		
¿Se almacenan correctamente los registros anteriores?		
¿Se implementan mejoras en base al análisis de las causas de las ocurrencias? ¿Cual? ¿Disminuyó la recurrencia de problemas con las mejoras adoptadas?		
¿Hay poka-yokes implementados?		
¿Se están cumpliendo adecuadamente los Planes de Control y Mantenimiento de Equipos de Construcción?		

Tabla N°4.9 Preguntas para Flujo de Trabajo

Fuente: Valente (2011)

Preguntas	No Aplicable	Calificación
¿La obra cuenta con un proyecto de diseño de sitio actualizado para la fase en curso?		
¿Quién es el responsable de gestionar este proyecto? ¿Conocen este proyecto las personas involucradas en la gestión de materiales en obra?		
¿La obra cuenta con un proyecto de manejo de residuos sólidos actualizado? ¿La gestión de residuos se está realizando correctamente? ¿Quién es el responsable de este proyecto? ¿Conocen este proyecto las personas involucradas en la gestión de materiales en obra?		
¿Los inventarios están debidamente identificados? ¿Quién es responsable del control de inventario en el sitio?		
¿La obra cuenta con un plan de inventario de materiales a distribuir en los pisos para los principales paquetes de obra (mampostería externa y tabiques internos)?		
¿Existe un cronograma definido, con tiempos predeterminados de uso, para el transporte de los equipos en obra (cabrestante, cremallera, grúa, etc.)?		
¿Existe una planificación semanal del flujo de materiales?		
¿El almacén cuenta con el concepto de organización y control de materiales por supermercado?		
¿La capacidad de los equipos de trabajo (hormigonera, elevador de cremallera, transpaletas, etc.) satisface la demanda de producción de la obra?		
¿Están debidamente demarcadas, libres de obstrucciones, pavimentadas, protegidas y señalizadas las vías de circulación de personas?		
¿El flujo de información entre el trabajo y la oficina fluye satisfactoriamente?		

Tabla N°4.10 Preguntas para Producción

Fuente: Valente (2011)

Preguntas	No Aplicable	Calificación
¿Los lugares de trabajo liberados para la producción están debidamente protegidos, es decir, el sitio está limpio y organizado, y ya están los materiales, herramientas y proyectos necesarios?		
¿Los paquetes de trabajo están completamente determinados para los equipos de producción, es decir, la información básica como la descripción de la tarea, el tiempo de ciclo definido, el equipo, la ubicación y el valor del paquete de trabajo están de común acuerdo entre la dirección del trabajo y los colaboradores?		
¿Se ha capacitado a los empleados sobre el contenido del trabajo que realizarán?		
¿Está estandarizado el procedimiento para la realización de los servicios?		
¿Se notan variaciones en el desempeño de actividades entre personas o turnos?		

Tabla N°4.11 Preguntas para Transparencia

Fuente: Valente (2011)

Preguntas	No Aplicable	Calificación
¿Está la obra debidamente señalizada en cuanto a seguridad laboral y lugares de apoyo, como vestuarios, cafetería, sala técnica, etc.?		
¿Los diseños de producción están disponibles para los equipos de producción en la estación de trabajo? ¿Estos diseños son legibles para los albañiles?		
¿El almacén está organizado de forma matricial (batalla naval)?		
¿Hay un marcador de PPC? ¿Se exhibe en un lugar visible? ¿Se actualiza semanalmente?		
¿Hay alguna herramienta lean tipo A3 expuesta, implementada y funcionando correctamente en el sitio?		

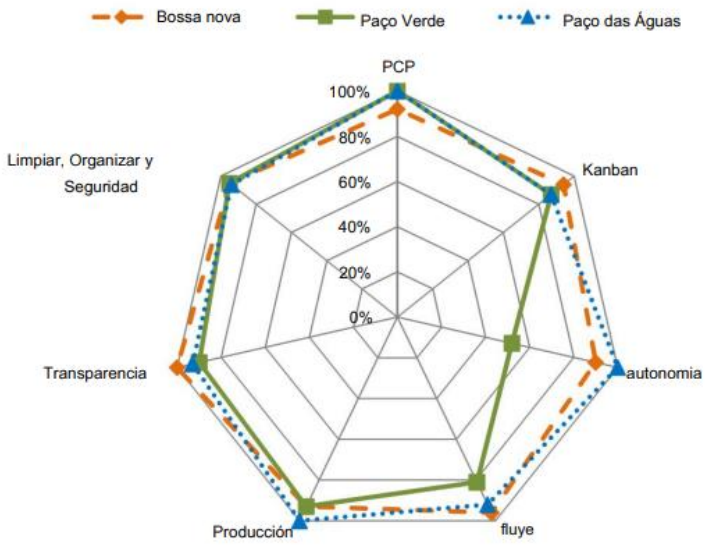


Figura N°4.4: Ejemplo de Resultado Visual de la auditoria en 3 proyectos de una empresa

Fuente: Valente (2011)

4.1.6 Modelo de Madurez de Lean Construction (LCMM)

Nesensohn (2014) plantea un modelo de madurez de Lean Construction basado en Capability Maturity Model Integrated (CMMI). Como señala Nightingale y Mize (2002), el CMMI es un modelo de madurez genérico que tiene el potencial de proporcionar un punto de partida para desarrollar un modelo de madurez para Lean.

El LCMM es el modelo que permite a las organizaciones medir la distancia entre el lugar donde se encuentran y donde ellas quieren estar, en función de su madurez en Lean Construction, es decir el modelo evalúa la madurez de LC en las organizaciones de construcción.

El método de evaluación de la madurez adoptado por este modelo es, que la evaluación comprende la recopilación de evidencia objetiva en forma de documentos, visitas al sitio y entrevistas. Estos serán realizados por al menos una persona con experiencia en LC que esté capacitada en el uso de este marco. Las entrevistas para recopilar la evidencia objetiva deben realizarse con una variedad de personas de todas las jerarquías en la organización y en algunos proyectos de muestra.

La evaluación se divide a través de cinco niveles de madurez presentado en la siguiente Tabla N° 4.12.

Tabla N°4.12 Definición de los niveles de madurez

Fuente: Nesensohn (2014)

Nivel de Madurez	Definición
0 - Incierto	La Declaración Ideal apenas se evidencia en acción
1 - Despertar	Existe conciencia general evidenciada en la acción y la Declaración Ideal es inconsistentemente
2 - Sistemático	La Declaración Ideal se evidencia sistémicamente en acción
3 - Integrado	La Declaración Ideal está interrelacionada como un todo y sucede automáticamente
4 - Desafiante	La Declaración Ideal es el statu quo que se desafía a mejorar aún más

El modelo de madurez está conformado por una capa superior de seis factores; estos están etiquetados como: 1) Liderazgo; 2) Filosofía; 3) personas; 4) Procesos y Sistema; 5) Resultados y Productos; y 6) Aprendizaje. Dentro de esta capa

superior se organizaron los 11 atributos clave desarrollados. Esos a su vez están descritos por 60 comportamientos, objetivos o prácticas ideales (BG&P) en total. Cada BG&P se define por una o más declaraciones ideales, que condensan un comportamiento, objetivos o prácticas ideales que las organizaciones más maduras en LC mostrarán en términos de madurez de LC y BG&P. En total, el marco validado comprende 75 declaraciones ideales (Nesensohn, 2014).

Los 60 BG&Ps sirven como un componente informativo que reconoce: Comportamientos asociados con la madurez de LC; Objetivos comunes y características de las organizaciones maduras; y Prácticas de actividades que son cruciales para la madurez de LC. El criterio para cuantificar esta evaluación es que cada atributo clave se representa a través de un nivel de madurez que se calcula por el nivel de madurez más bajo compartido (este también es el nivel de madurez más bajo asignado) entre todos los BG&P dentro de este Atributo clave. A continuación, se muestra la herramienta de evaluación o hoja de cálculo de evaluación de LCMM.

Tabla N°4.13. Ejemplo, Uso de hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 1 de 4

Fuente: Nesensohn (2014)

Factores/Atributos Clave		Declaraciones ideales	Nivel de Madurez
Liderazgo			
Liderazgo Lean			3
	1. Pasión	Sus líderes lo poseen fundamentalmente y tienen pasión y tenacidad por Lean, de modo que lo están haciendo por sí mismos.	3
	2. Verdadero entendimiento	A: Sus líderes tienen una verdadera comprensión de Lean y ven el panorama general.	3
		B: Los líderes toman decisiones con dolor a corto plazo para lograr ganancias a largo plazo	4
	3. Posición preestablecida	Los líderes tienen una posición preestablecida interiorizada de que todo se puede mejorar y la aplican a sus propios objetivos.	3
	4. Practica lo que hablas	Sus líderes impulsan, despliegan y difunden el nuevo comportamiento siendo el ejemplo.	3
	5. Trabajo estándar	Todos los líderes llevan a cabo su día de manera estándar y sistémica.	3
Filosofía			
Enfoque en el cliente			2
	1. Comprender el valor del cliente	A: Entienden que el valor para el cliente implica los requisitos de la cadena de clientes internos y externos hasta el usuario final.	3
		B: Se acepta que el valor del cliente puede ser intangible y el valor del cliente A puede ser el desperdicio para el cliente B.	2
		C: Están enfocados en la percepción de valor de la cadena de clientes para tener claro cuál es el valor requerido que se debe entregar en la mejor manera posible.	3
	2. Identificar el valor	A: Se destacan en la identificación del valor real para sus clientes.	4

final para el cliente	B: Revisan activamente el flujo de valor identificado para reaccionar ante cualquier cambio en el valor del cliente y abordar cualquier desperdicio en esta secuencia de procesos para crear el valor final.	2
3. Seguimiento del valor	Conocen su desviación del valor del cliente al monitorear la efectividad de entregar este valor.	3
4. Estar "orientado al cliente"	Los líderes y gerentes se enfocan en hacer el mejor trabajo para el cliente y aceptan que estar orientados al cliente no contradice la impulsor del negocio como la satisfacción de los accionistas.	2
Forma de pensar		2
1. Pensamiento sistémico	Piensan sistémicamente para ver el panorama general, el conjunto, el flujo de información dentro del sistema y establecen vínculos entre cada flujo de valor y aspecto del negocio para crear sinergias. Por ejemplo: practican la mejora continua para ver procesos y clientes de forma sistémica.	2
2. Pensamiento de proceso	Las personas aceptan que el valor se crea a través de procesos y entender esos procesos y sus relaciones.	3
3. Pensamiento científico	Son rigurosos en la recopilación de información sobre variables para apoyar el proceso de toma de decisiones y probar hipótesis de manera científica.	3
4. Pensamiento a largo plazo	Practican el pensamiento a largo plazo mientras aceptan el dolor en las decisiones a corto plazo, para no afectar la meta a largo plazo.	3
5. Equipos de pensamiento	La actividad de todos está alineada en la dirección de brindar mejoras y procesos desafiantes, de arriba hacia abajo, independientemente del tema, el departamento o los procesos.	2
6. Pensamiento innovador	Hay algunos pensadores laterales que a menudo se salen de los caminos trillados para encontrar nuevas soluciones y desafiar al liderazgo para lograr mejoras.	2

Tabla N°4.14 Ejemplo, Uso de hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 2 de 4

Fuente: Nesensohn (2014)

Factores/Atributos Clave	Declaraciones ideales	Nivel de Madurez
Personas		
Cultura y comportamiento		**1**
1. Comunicación	A: Todos, desde arriba hasta abajo, conocen y comprenden la visión de su viaje Lean y el papel que juega Lean en él.	2
	B: Todos tienen claridad de sus objetivos y metas, así como de su responsabilidad. Y conocen el valor que ofrece Lean para su función.	3
2. Confianza y Colaboración	Todos ven la confianza y la colaboración como facilitadores de LC y las implementan diariamente, especialmente para la gestión de riesgos y la planificación.	2
3. Constancia de Propósito y Visión	El propósito de estar en un Lean Journey se publica y aprueba desde la dirección como una visión estratégica, y se esfuerzan constantemente hacia ella sin cambios.	1
4. Buscando la perfección	Son fanáticos de la perfección y practican continuamente. la mejora como un esfuerzo continuo incremental para mejorar la forma en que se entrega valor al cliente.	3
5. Mejora del rendimiento	Tienen una pasión intrínseca por mejorar constantemente el desempeño para alcanzar los objetivos corporativos.	2

6. Filosofía	Engloban Lean como filosofía para todo el negocio incluyendo las fases de diseño y construcción para que esta filosofía forme parte del ADN organizacional.	2
7. Cultura vs Herramienta y técnica	Entienden la importancia de construir una cultura única y comportamiento al lado de la aplicación de herramientas y técnicas.	2
8. Enfoque Comercial	Su comportamiento comercial se centra en el panorama general que consiste en el costo general, la calidad, HSE y la entrega de valor al cliente.	3
9. Resolución de Problemas	Reconocen el fracaso como un desencadenante para la resolución de problemas e involucran efectivamente a los trabajadores y su conocimiento inherente para identificar la causa raíz y evitar la aparición de problemas en el futuro.	2
Competencias		**2**
1.Entendimiento Corporativo	Tienen una comprensión común de Lean y de lo que les puede aportar, por lo que ven todo como un proceso y Lean es parte de él.	2
2. Terminología	Todos entienden y utilizan un lenguaje común y compartido para LC.	3
3. Conocimiento	Conocimiento La mayoría de la gente realmente conoce y aplica Lean, incluidas sus herramientas, técnicas, principios, cultura y comportamiento a diario.	2
Habilitadores de mejora		**1**
1. Viaje a largo plazo	Entienden LC como un viaje y tienen una motivación intrínseca para avanzar en este viaje hacia una mayor madurez.	1
2. El intercambio de conocimientos	Todo el mundo se compromete continuamente a compartir conocimientos y experiencias de éxito y fracaso de la manera más eficaz.	2
3. Trabajando juntos	La mejora se logra a través del trabajo conjunto de los gerentes. con la gente de base y lo que ya saben.	3
4. Priorizar	Tienen la capacidad de analizar sistemáticamente la brecha dentro de su madurez de LC para que las prioridades para sus acciones de mejora puedan establecerse en consecuencia.	2

Tabla N°4.15 Ejemplo, Uso de hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 3 de 4

Fuente: Nesensohn (2014)

Factores/Atributos Clave	Declaraciones ideales	Nivel de madirez
Procesos y sistema		
Procesos y herramientas		**2**
1. Herramientas y técnicas	A: Eligen en consecuencia las herramientas y técnicas adecuadas para crear sinergia con los procesos y la entrega de valor al cliente para que abordan problemas específicos y apoyan a las personas.	2
	B: Las herramientas y técnicas elegidas están integradas sistémicamente.	3
2.compromiso con el proceso	Los procesos contienen formas estándar de trabajo para fomentar realmente el pensamiento Lean y ser aceptado en toda la organización.	2
3. Alineación	Cada proceso y herramienta existe para respaldar la creación de valor para el cliente interno y externo.	3
4. Simplificación	Los procesos y todo está simplificado y estandarizado para mejorar mientras se mantiene el valor para el cliente.	3

5. Gestión visual	Se utilizan indicaciones y gestión visual para visualizar el progreso hacia la entrega de valor y que todos puedan entiende su contribución al valor final.	3
6. Pull y flujo	Todos los procesos tienen un flujo y producen sólo lo que el cliente quiere, cuando lo quiere y en la cantidad exacta que quiere.	4
7. Planificación	A: La planificación del programa se realiza de forma colaborativa.	3
	B: La planificación de la construcción surge junto con el diseño.	2
	C: La planificación de la producción se realiza al nivel más bajo posible.	3
8. Gestión de riesgos	La gestión de riesgos se realiza en colaboración.	2
Cambiar		**2**
1. Incorporar la gestión del cambio	La alta dirección ha adaptado un curso de acción con el fin de madurar más en LC.	2
2. Actitudes hacia el cambio	A: Sus individuos entienden lo que hay para ellos para que tengan una Baja resistencia al cambio.	3
	B: Para ellos el cambio es una forma de vida porque son ágiles y tienen la flexibilidad para adaptarse a los cambios.	4
	C: Ven los cambios como oportunidades para hacer las cosas de manera diferente y aprovecharlas al máximo para ofrecer valor al cliente.	3
3. Compromiso con la cadena de suministro	Ponen la cadena de suministro bajo un paraguas desde el principio para recibir su compromiso con el valor del cliente y crear sinergias con ellos.	2
4. Tratar con todos los involucrados	La organización y sus equipos tienen el impulso y la capacidad de detectar y tratar con individuos y grupos que están en contra de los cambios y de la visión estratégica Lean.	3

Tabla N°4.16 Ejemplo, Uso de hoja de cálculo de evaluación de LCMM, página 4 de 4

Fuente: Nesensohn (2014)

Factores/Atributos Clave	Declaraciones ideales	Nivel de madurez
Resultados y productos		
Ambiente de trabajo		**2**
1. Innovación y cooperación	El ambiente de trabajo realmente apoya la innovación y la cooperación.	2
2. Confianza y previsibilidad	Los gerentes tienen la confianza de que los individuos y los equipos inevitablemente resuelven problemas y entregan valor al cliente.	3
3. Salud y Seguridad	Sus proyectos están bien planificados para que las personas puedan seguir su secuencia y realizar su trabajo en un espacio no caótico, seguro y con mayor seguridad y salud.	2
4. Nivel de estrés	Todos, desde el personal hasta el director del proyecto, experimentan un nivel reducido de estrés.	3
5. Mejora continua	Están practicando una mejora continua constante y sistémica. que incluye su cadena de suministro/partes interesadas.	2
Resultados comerciales		**2**
1. La satisfacción del cliente	Tienen clientes y partes interesadas satisfechos porque entregan continuamente lo que el cliente quiere, cuando lo quiere y en la cantidad exacta que quiere (valor para el cliente).	2

	2. Logro de desempeño	Establecen objetivos extremos pero alcanzables como criterios de desempeño para motivar a individuos y equipos.	3
	3. Calidad	Ellos logran la calidad esperada por primera vez.	2
	4. Costo, tiempo y HSE	Ofrecen valor al cliente de manera efectiva, más segura y con menos impacto ambiental porque desafían los criterios establecidos originalmente.	3
	5. Impacto competitivo	Tienen una reputación mejorada por lo que estimulan el trabajo extra. y ser recomendado por el cliente.	2
	6. Contingencias	Gastaron contingencias no utilizadas en funciones o servicios adicionales que el cliente valora.	3
	7. Asociación	A: Reducen la cantidad de reclamaciones y litigios contractuales mediante una colaboración profunda y el uso de contratos relacionales.	2
		B: Realmente trabajan en una relación de socio con su cadena de suministro y las partes interesadas.	3
	8. Cambios de clientes	Desafían la cantidad de cambios de los clientes a través de mejor colaboración.	3
Aprendizaje			
Desarrollo de aprendizaje y competencias			**2**
	1. Aprendizaje	A: Demuestran consistentemente un enfoque en el aprendizaje de los individuos y realmente utilizan las lecciones aprendidas como fundamentales para practicar la mejora continua.	3
		B: Tienen un enfoque estructurado con respecto a lo que quieren lograr con su aprendizaje.	3
	2. Aprendizaje organizacional	A: Realizan experimentos para aprender del fracaso y del éxito.	2
		B: Tienen el compromiso de desaprender el conocimiento y la apertura a el mundo exterior y un meca nismo para su propia renovación.	3
		C: Ellos efectivamente utilizan lo que la organización ha aprendido.	3
	3. Desarrollo de personas	A: Sus líderes desarrollan a las personas a través del coaching, tutoría y la impartición de formación interna.	2
	4. Capacitación	A: La capacitación se centra en formas específicas de trabajar dentro de los procesos para que las competencias desarrolladas puedan aplicarse de manera efectiva.	3
		B: Forman a nuevas personas según un plan para que asuman su cultura específica de manera efectiva.	2

Mediante el uso de la hoja de cálculo de Excel se evaluará cada declaración ideal con los niveles de madurez, y así el resultado se pueda ilustrar en un diagrama de araña (Figura N° 4.5). Este diagrama visualiza el nivel de madurez asignado a cada uno de los 11 atributos clave. Además, se puede calcular un nivel de madurez general (consulte la Tabla N° 4.17) mediante la multiplicación del nivel de madurez de cada Atributo clave con un factor de ponderación cuya suma total se divide por la suma total de los factores de ponderación, para generar un puntaje único de 0-4 para la madurez total de la organización en LC (Nesensohn, 2014).

El desarrollo y detalle del modelo de madurez se encuentra con mayor detalle en la tesis doctoral realizado por Nesensohn (2014 y 2017).

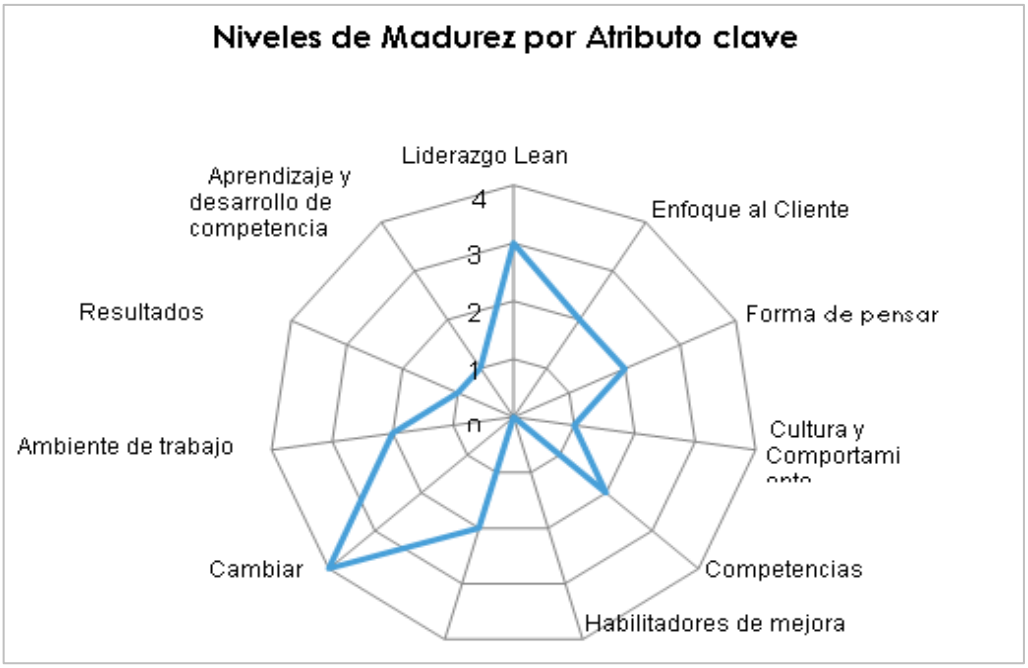


Figura N°4.5: Ejemplo de resultado de evaluación de madurez

Fuente: Nesensohn (2014)

Tabla N°4.17 Ejemplo de resumen ejecutivo y nivel de madurez

Fuente: Nesensohn (2014)

N°	Atributo Clave	Nivel Inicial	Factor de peso	Resultado	Nivel de Madurez Total
1	Liderazgo Lean	3	4	12	
2	Orientación al cliente	2	3	6	
3	Forma de pensar	2	3	6	
4	Cultura y Comportamiento	1	4	4	
5	Competencias	2	2	4	
6	Facilitadores de mejora	0	2	0	
7	Procesos y herramienta	2	2	4	
8	Cambiar	4	2	8	
9	Ambiente de trabajo	2	2	4	
10	Resultados comerciales	1	1	1	
11	Aprendizaje y desarrollo de competencias	1	2	2	2
Total:			27	51	1.9

4.1.7 Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC)

Soto (2016) plantea un marco de trabajo que apoye a las empresas constructoras en la realización de un diagnóstico sobre el estado de madurez de los Principios Lean que se presentan en sus proyectos, para ayudar a generar estrategias que permitan interiorizar la filosofía Lean y darle sostenibilidad en el tiempo. Este modelo de madurez está conformado por una configuración de 6 etapas de madurez, cuyos nombres y definiciones ayudan a comprender la realidad de cómo se presentan los principios Lean y las prácticas asociadas. Asimismo, la escala permite darse cuenta y asegurar que cada nivel de madurez es la base para el siguiente nivel, lo que permite una mejora continua.

Tabla N°4.18 Niveles de Madurez

Fuente: Soto (2016)

Nivel de Madurez	Definición
Nivel 0 Inexistente	No se presenta ninguna evidencia de la existencia de los principios y las prácticasLean en el proyecto de construcción.
Nivel 1 Inicial	Primeros indicios del comienzo del desarrollo de los principios y las prácticas Lean en el proyecto de construcción.
Nivel 2 Formal	Definición de manera concreta y precisa de los principios y las prácticas Lean en el proyecto de construcción.
Nivel 3 Establecido	Institución de los principios y las prácticas Lean en el proyecto de construcción.
Nivel 4 Integrado	Constitución esencial y fundamental de los principios y las prácticas Lean en elproyecto de construcción.
Nivel 5 Sostenible	Mantenimiento en el tiempo de los principios y las prácticas Lean en el proyecto de construcción.

El modelo verifica las expectativas de la empresa y el cumplimiento efectivo de los principios y prácticas de LC. A partir de un cuestionario de autoevaluación aplicado por un evaluador interno, evaluando 16 prácticas de LC en escala de Likert de 0 a 5 organizadas en seis niveles de madurez.

El modelo fue enfocado hacia una instancia interna en cada organización, donde los ejecutivos, los gerentes y cada impulsor de la transformación Lean fueran los beneficiados al hacer uso del modelo. El método de aplicación fue seleccionado mediante una autoevaluación, por la razón que la naturaleza de cada proyecto es particular y puede ser analizada de mejor manera por los mismos miembros que integran cada organización, generando así la necesidad de mejorar y

convirtiéndose la aplicación del modelo en un requisito interno. Para definir quién sería consultado para evaluar la madurez y detectar las evidencias, se considera al staff de los colaboradores del mismo proyecto a evaluar con los conocimientos de la filosofía, la cultura y las herramientas Lean, con el juicio para señalar la forma de cómo se desarrollan los proyectos y con la autoridad e influencia en la toma de decisiones, pues con ellos la información pertinente seria obtenida fácilmente (Soto, 2016).

Tabla N°4.19 Ejemplo de Herramienta de evaluación de la Madurez para una empresa

Fuente: Soto (2016)

				Evaluación					
Nivel de Madurez				0 Inexistente	1 Inicial	2 Formal	3 Establecido	4 Integrado	5 Sostenible
Principios Lean Construction		**Eliminación de Desperdicios**	1						
		Estandarización	2						
		Cultura / Personas	1						
		Enfoque al Cliente	2						
		Mejoramiento Continuo / Calidad	2						
Prácticas Lean Construction	**Eliminación de Desperdicios**	Optimización del Sistema de Producción	1	Last Planner es implementado. La empresa aborda la mejora del sistema de producción con planes de acción bien definidos y la optimización del contenido del trabajo en una planificación interactiva. Por otra parte las restricciones vinculan la gestión de la cadena de suministro y la optimización de la programación de la producción.					
		Optimización del Contenido de Trabajo	1						
		Gestión de la Cadena de Suministro	1						
		Optimización de la Programación de la Producción	3						
	Estandarización	Gestión Visual	2	Las herramientas Lean hasta ahora desarrolladas poseen una estructura que contiene gestión visual, la cual se audita. La definición de procesos obedece a un mapa de procesos que se está articulando en forma incipiente. Se ha implementado las 5S solo en bodegas.					
		Definición de los Procesos de Trabajo	1						
		Organización del Lugar de Trabajo	2						
	Cultura / Personas	Compromiso Organizacional	2	La empresa ha diseñado un sistema de inducción Lean respecto de los métodos y herramientas desarrollados en la organización.					
		Involucramiento del Personal	2						
		Capacitación	2						
	Enfoque al Cliente	Optimización del Valor	2						
		Flexibilidad en los Recursos	0						

	Mejoramiento Continuo / Calidad	Medición	2	La empresa desarrollo un Dashboard de Indicadores para controlar el estado global e integral del proyecto, asimismo al cierre de los proyectos se vinculan al aprendizaje organizacional a través de documentar lecciones aprendidas. El análisis de posventa permite la prevención de errores en proyectos futuros, sin embargo, no se realiza bien.
		Aprendizaje Organizacional	1	
		Respuesta a Defectos	1	
		Prevención de Errores	0	
Análisis Particular				El proyecto muestra los beneficios obtenidos de implementar Last Planner. Además, se visualiza el compromiso del nivel gerencial en el desarrollo de algunos principios Lean a través de la implementación de otras herramientas. Los involucrados en el proyecto manejan un lenguaje común en torno a Last Planner. Por otro lado, se visualiza la formalización de principios como la cultura/personas y la estandarización, gracias a los esfuerzos desarrollados en la empresa, pero estos decaen al momento de la ejecución de los trabajos.
Análisis General				No se pudo realizar un análisis general, al no contar con las evaluaciones de los demás proyectos que realiza la empresa.

El desarrollo y consideraciones para el uso de este modelo de madurez se puede observar con mayor detalle en la tesis de maestria realizada por Soto Becerra. Donde se puede pronfundizar sobre la fundamentación teórica y práctica del modelo de madurez planteado por Soto (2016).

4.1.8 Modelo - Evaluación de Salud y Madurez de LCI Lean IPD (LCI Lean IPD)

El Lean Construction Institute (LCI, 2016) ha desarrollado un modelo de madurez para evaluar el uso de las prácticas de Lean en los equipos de proyectos y organizaciones. El objetivo de la herramienta de Evaluación de salud y madurez de LCI Lean IPD, es proporcionar al equipo del proyecto una instantánea de su progreso en la adopción de prácticas más conocidas de Lean Integrated Project Delivery. La herramienta se desarrolló con el conocimiento de que la madurez Lean/IPD es de hecho una progresión y no un interruptor binario que se activa o desactiva mediante la inserción de algunas herramientas. Un proyecto puede llamarse "Lean" y, sin embargo, solo estar en los primeros niveles de madurez Lean para muchos de los métodos y enfoques Lean. Una evaluación, como esta, es una de las pocas formas de cuantificar con cierta objetividad qué tan "Lean" es un proyecto elemento por elemento. El marco para los elementos se desarrolló dentro de la comunidad de práctica del Lean Construction Institute; las descripciones de los elementos están integradas en la herramienta y se muestran a medida que se evalúa cada elemento (LCI, 2016).

Este modelo de madurez del LCI es una herramienta de Excel basada en LC, LT, Last Planner System (LPS) e Integrated Project Delivery (IPD). Esta herramienta analiza cuatro elementos principales divididos en 36 características con 191 atributos. Cada característica se evalúa en seis niveles de clasificación, los resultados se presentan en un diagrama de araña para cada elemento principal y un gráfico resumen de radar con los cuatro elementos principales (Rodegheri & Serra, 2020).

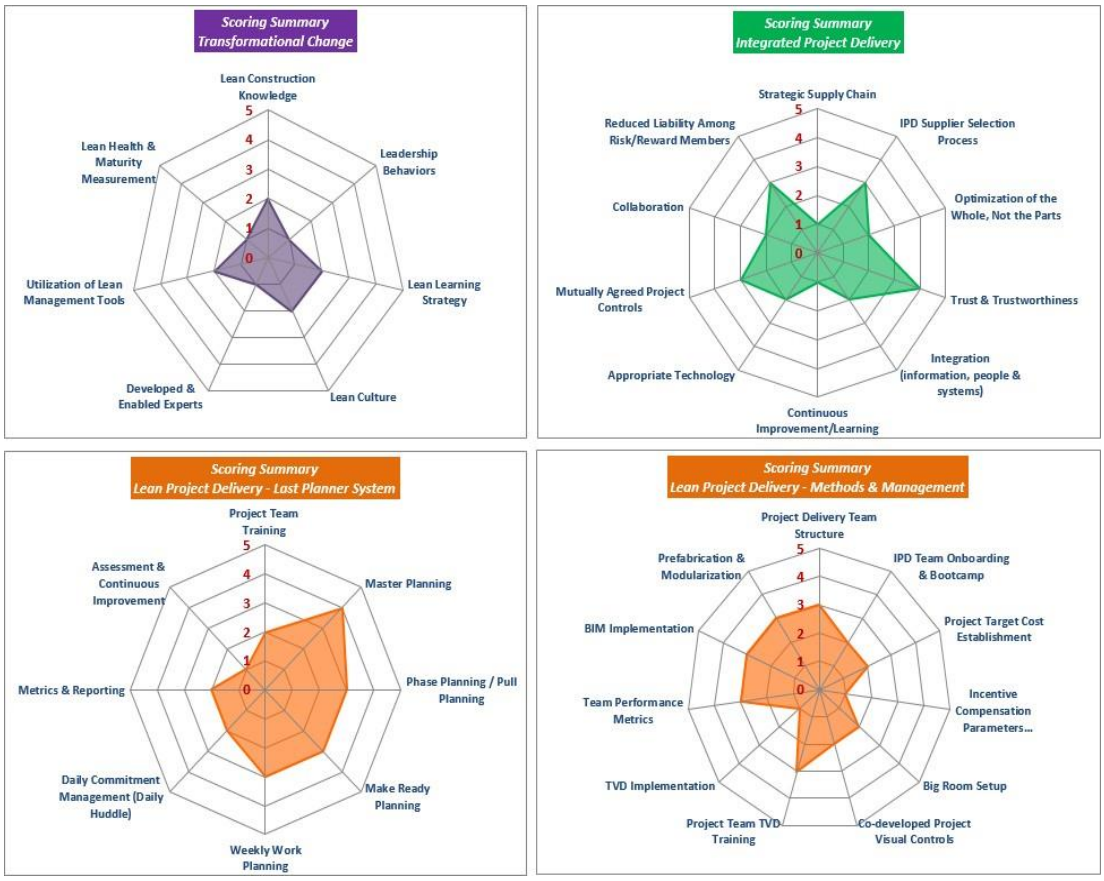


Figura N°4.6: Ejemplo de reporte de la evaluación de salud y madurez del LCI.

Fuente: Lean Construction Institute (LCI, 2016)

A continuación, se muestra una Tabla N° 4.20 que resume cómo se determinó la puntuación para cada elemento en función de la evidencia observada. El detalle de la herramienta se encuentra en la hoja de calculo realizado por el LCI (2016).

Obtener una puntuación alta no es lo importante. Tampoco es esencial que las descripciones de los niveles y las pruebas se clasifiquen con precisión. Sin embargo, lo importante es el reconocimiento del progreso realizado, señalando lo

que se necesita para mover cada elemento al siguiente nivel de madurez y el desarrollo de un plan de acción para avanzar (LCI, 2016).

Tabla N°4.20 Niveles de Madures LCI Lean IPD

Fuente: Lean Construction Institute (LCI, 2016)

Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Inconsciente Sin conocimiento o comprensión del elemento Lean	Consciente Se demuestra el conocimiento del elemento Lean pero no se implementa	Aprendiendo La mayoría del elemento no se implementa o se implementa de forma ad- hoc	Competente El elemento se implementa principalmente en un nivel competente	Enseñando El elemento se implementa con éxito en un nivel robusto de sofisticación con los líderes clave del proyecto que entrenan activamente la implementación	Innovando El Elemento se implementa por completo y el proyecto aporta las mejores prácticas conocidas a la industria

También la herramienta proporciona una evaluación resumen en forma de un gráfico visual donde se muestran los resultados de las cuatro dimensiones de evaluación: Cambio transformacional, Manejo y metodos de entrega de proyectos lean, Entrega de proyectos integrada (IPD), Lean Project Delivery and Last Planner System.

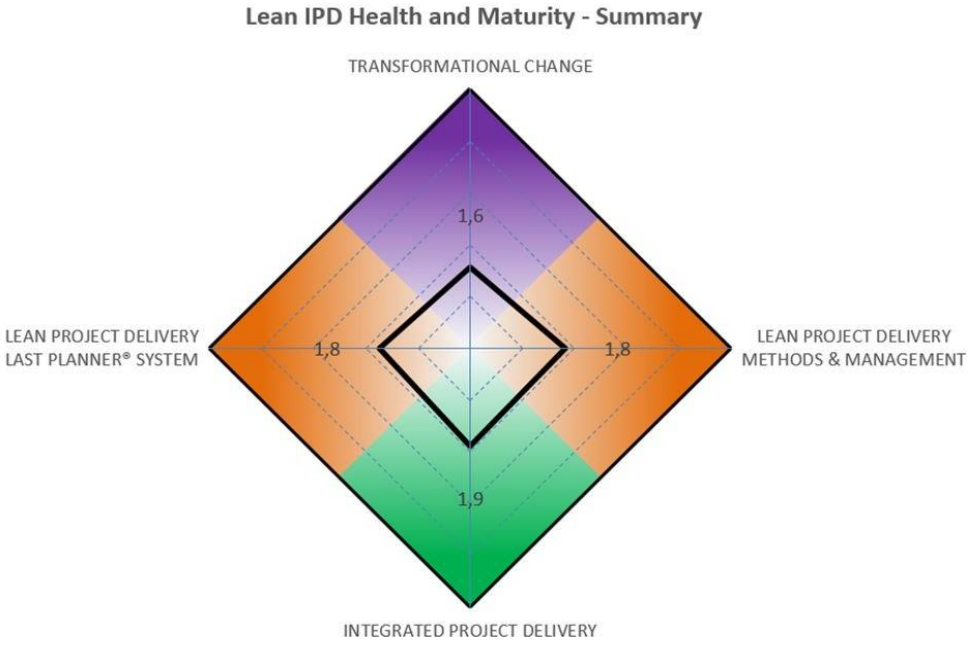


Figura N°4.7: Ejemplo de Evaluación de proyectos con método original LCI Lean IPD – Resumen

Fuente: Rodegheri & Serra (2020)

4.1.9 Modelo de Evolución de la Madurez de Lean Construction en la Gestión de Producción de Proyectos de Construcción (SLC-EModel)

Cano (2019) propone una herramienta que evalúe el nivel de madurez de LC en la gestión de producción de proyectos de construcción (GPC) y oriente con precisión las acciones necesarias para alcanzar un mayor nivel de madurez. Esta evolución implica la intervención en el Sistema de Producción de Proyectos de Construcción (SPPC) en la búsqueda de la mejora de su eficiencia y el cumplimiento de agregar valor al cliente de manera continua.

El Modelo de Evolución de la Madurez de LC en la GPC (SLC-EModel) se compone de dos partes con propósitos distintos. La primera parte corresponde al artefacto de evaluación de madurez de LC en la GPC (SLC-MM) por medio del cual se identifica el nivel de madurez de LC en la GPC. Para realizar esta identificación, el SLC- MM requiere de dos herramientas: la herramienta de evaluación de madurez de los atributos relacionados con la madurez de LC en la GPC (SLC-MAET), y la herramienta de calificación de madurez (SLC- QT), por medio del cual se califica la madurez de los Factores de Madurez (FM) y el nivel de madurez de LC en la Gestión de producción de proyectos de construcción. El segundo artefacto es la Estrategia de Evolución de Madurez (SLC-ES), con el cual se identifica la ruta más apropiada para direccionar las acciones que contribuyan a alcanzar sistemáticamente el siguiente nivel de madurez, tomando como base los resultados del SLC-MM, tal como se muestra en la siguiente Figura N° 4.8 (Cano, 2019).

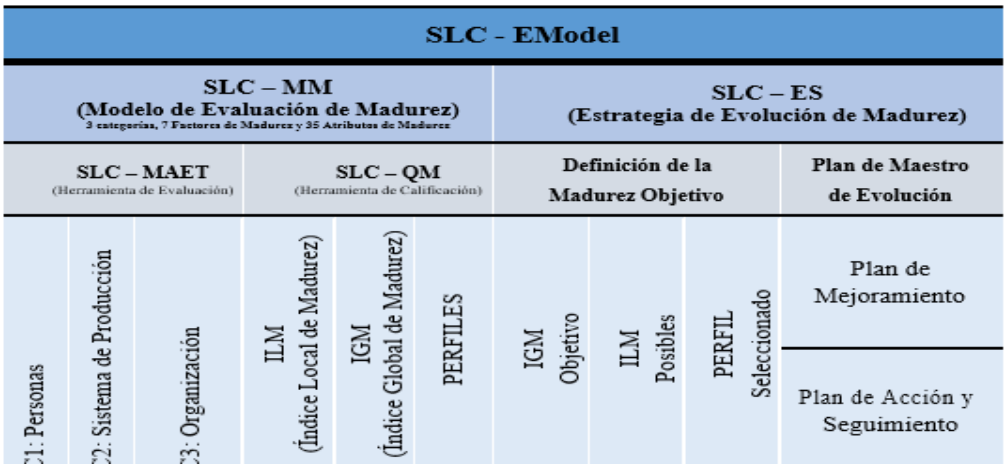


Figura N°4.8: Estructura del SLC-EModel

Fuente: Cano (2019)

Un estudio exploratorio inicial sobre barreras y factores críticos de éxito en la implementación de LC (Cano et al., 2015; Mano et al., 2018) dio como resultado una primera agrupación de estos en categorías y factores, de acuerdo con características comunes de los elementos estudiados. Luego de un análisis estadístico multivariado se agrupan en los factores de madurez, entrevistas con expertos y con ayuda del Modelo de Ecuaciones Estructurales se logró agrupar los elementos en 35 atributos, estos en 7 factores y estos últimos en 3 categorías.

- Personas: 133 elementos agrupados en 9 atributos.
- Sistema de Producción: 196 elementos agrupados en 13 atributos.
- Soporte de la organización: 116 elementos agrupados en 13 atributos.

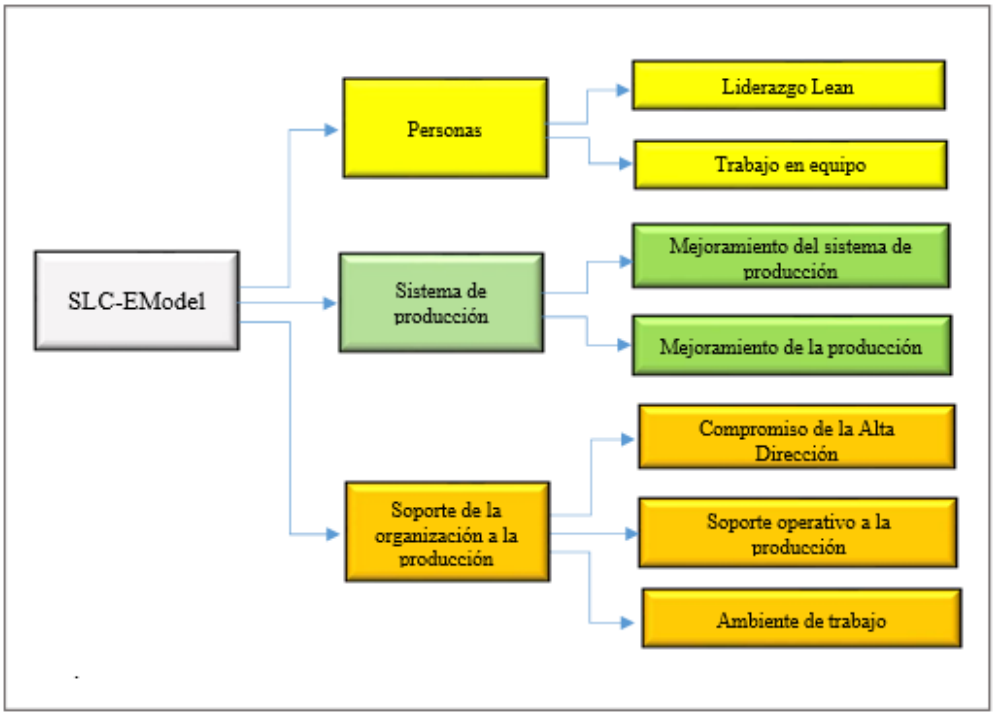


Figura N°4.9: Estructura del SLC-EModel, por factores y atributos

Fuente: Cano (2019)

A los Factores de Madurez se les asigna una variable Yj, y a los atributos Xi. En esta notación Y identifica al factor y el subíndice j denota la cantidad de factores en el modelo, los atributos se denotan por X y el subíndice i corresponde a uno del total de atributos en el modelo. Esta notación será usada más adelante en la

construcción del modelo para el análisis de relaciones entre los elementos de madurez. A continuación, se detalla cada una de las categorías:

Tabla N°4.21 Atributos de la categoría Personas del SLC-EModel

Fuente: Cano (2019)

Categoría	Factor	Atributo	Xi	Identificación
Personas que soportan la producción de Proyectos de Construcción	Liderazgo Lean Lean Leadership (LeaderSh)	Formación en la filosofía LC	X19	LDC2
		Cultura Lean	X20	A1
		Crecimiento y desarrollo de líderes Lean	X21	LL1
		Valores y visión personal	X22	A2
	Trabajo en Equipo TeamWork (TeamWork)	Promoción y desarrollo de Lean Construction	X1	LL2
		Solución de problemas yaprendizaje continuo	X2	PS2
		Procesos de trabajo en equipo	X3	TW2
		Desarrollo de los equipos de trabajo	X4	TW1
		Promoción de la mejora continua	X5	LL3

Tabla N°4.22 Atributos de la categoría Sistema de Producción del SLC-EModel

Fuente: Cano (2019)

Categoría	Factor	Atributo	XI	Identificación
Sistema de Producción de Proyectos de Construcción	Mejoramiento del sistema de producción System Production Improve (SPImprov)	Flexibilidad	X23	PIM2
		Reducción del tiempo de ciclo	X24	WI4
		Reducción de la variabilidad	X25	WI3
		Control del proceso completo	X26	FC3
		Simplificación de procesos	X27	PIM1
		Transparencia	X28	PIM3
		Benchmarking	X29	PIM4
	Mejoramiento de la Producción Production Improvement (ProImpr)	Desarrollo de estándares	X30	WPS1
		Conocimiento y selección de herramientas Lean Construction	X31	TU1
		Flujo continuo	X32	WI1
		Cumplimiento de la oferta de valor	X33	FC1
		Desarrollo de un sistema *pull*	X34	PPC2
		Mejoramiento continuo	X35	FC2

Tabla N°4.23 Atributos de la categoría Soporte de la Organización a la Producción del SLC-EModel

Fuente: Cano (2019)

Categoría	Factor	Atributo	X_I	Identificación
Soporte de la Organización al Proceso de Producción de Proyectos de Construcción	Compromiso de la Alta Dirección Top Management Commitment (CommTM)	Definición y despliegue de la política y la estrategia para apoyar la construcción Lean	X_9	HMC1
		Apoyo continuo para el desarrollo de un sistema de producción Lean Construction	X_{10}	HMC2
		Enfoque en la filosofía	X_{11}	HMC3
		Resultados del negocio	X_{12}	IBP1
	Soporte Operativoa la Producción Operative Supportfor the Production (SupporOp)	Gestión del conocimiento	X_{13}	INN2
		Operaciones logísticas	X_{14}	SCLO2
		Proceso de gestión contractual	X_{15}	IBP4
		Implementación de un sistema de gestión	X_{16}	IBP3
		Sistemas de información	X_{17}	CIF1
		Apoyo al proyecto con los procesos de organización	X_{18}	IBP2
	Ambiente de Trabajo Work Environment (WorkEnv)	Participación de las personas en la construcción del ambiente de trabajo	X_6	WE1
		Interacción en el entorno de trabajo	X_7	WE2
		Aprendizaje y entrenamiento para la seguridad en el sitio de trabajo	X_8	WS2

El SEM se compone de dos modelos, el Modelo Estructural o interno, o Inner Model, y el Modelo de Medida o externo, u Outer Model.

MODELO DE ESTRUCTURAL

El modelo estructural tiene la forma:

$$\eta = \Gamma\xi + B\eta + \zeta$$

Esta forma representa las matrices asociadas, donde:

η: (Eta) Variables latentes endógenas, FM endógenos.

Γ: (Gamma) Se refiere a la matriz q x r de coeficientes de regresión entre variables latentes exógenas, FM exógenos y variables latentes endógenas, FM endógenos.

ξ: (Xi o Ksi) Variables latentes exógenas, FM exógenos.

B: (Beta) Es una matriz de q x q, una matriz de coeficientes de regresión entre variables latentes endógenas, FM endógenos.

ζ: (Zeta) Alteraciones, o errores debidos a las variables endógenas, FM endógenos.

La expresión matricial se desarrolla con letras minúsculas para los parámetros de estas matrices, las cuales tienen las mismas interpretaciones que las anteriores.

γ: Trayectoria causal de una variable latente exógena a una variable latente endógena. **β:** Trayectoria causal entre variables latentes endógenas.

Matrices de ecuaciones para el Modelo Estructural

$$\begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\\ \eta_3\\ \eta_4\\ \eta_5\\ \eta_6\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\gamma_{11}\\ \gamma_{12}\\ \gamma_{13}\end{bmatrix} \times \xi_1 + \begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ \beta_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ \beta_{31} & 0 & 0 & \beta_{34} & 0 & 0\\ \beta_{41} & \beta_{42} & 0 & 0 & 0 & 0\\ \beta_{51} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & \beta_{62} & \beta_{63} & 0 & \beta_{65} & 0\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}\eta_1\\ \eta_2\\ \eta_3\\ \eta_4\\ \eta_5\\ \eta_6\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\zeta_1\\ \zeta_2\\ \zeta_3\\ \zeta_4\\ \zeta_5\\ \zeta_6\end{bmatrix}$$

MODELO DE MEDIDA

El Modelo de Medida se compone de las variables observadas, o medidas, los atributos, relacionadas con las variables latentes exógenas (FM exógenos), y las variables observadas, atributos, relacionadas con las variables latentes endógenas (FM endógenos). La Figura N°4.10 presenta las ecuaciones para cada FM.

$$\xi = \Lambda x\ x + \delta \quad \eta = \Lambda y\ y + \epsilon$$

X: El resultado de la suma de las cargas factoriales multiplicadas por los atributos x. Esto explica la variable latente exógena (FM exógeno).

Y: El resultado de la suma de las cargas factoriales multiplicadas por los atributos y. Esto explica la variable latente endógena (FM endógeno).

Λx: (Lamda) Son cargas factoriales de las variables observadas, o medidas, atributos. Los x que explican las variables latentes exógenas (FM exógeno), el ξ.

Λy: (Lamda) Son cargas factoriales de las variables observadas, o medidas, atributos. Los y que explican las variables latentes endógenas (FM endógeno), el η.

ξ: (Xi o Ksi) Variables latentes exógenas (FM exógenos). η: (Eta) Variables latentes endógenas (FM endógenos).

δ: (Delta) Alteraciones o errores debidos a las variables observadas o medidas x, atributos, relacionadas con la variable latente exógena (FM exógeno).

ϵ: (Épsilon) Alteraciones o errores debidos a las variables observadas o medidas, y atributos, relacionadas con la variable latente endógena (FM endógeno).

Top Management Commitment	$\xi_1 = [\lambda_{91} \quad \lambda_{101} \quad \lambda_{111} \quad \lambda_{121}] \begin{bmatrix} x_9 \\ x_{10} \\ x_{11} \\ x_{12} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_9 \\ \delta_{10} \\ \delta_{11} \\ \delta_{12} \end{bmatrix}$
Leadership	$\eta_1 = [\lambda_{192} \quad \lambda_{202} \quad \lambda_{212} \quad \lambda_{222}] \begin{bmatrix} x_{19} \\ x_{20} \\ x_{21} \\ x_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{19} \\ \epsilon_{20} \\ \epsilon_{21} \\ \epsilon_{22} \end{bmatrix}$
Operative Production Support	$\eta_2 = [\lambda_{13} \quad \lambda_{23} \quad \lambda_{33} \quad \lambda_{43} \quad \lambda_{53}] \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \epsilon_4 \\ \epsilon_5 \end{bmatrix}$
Team Work	$\eta_3 = [\lambda_{133} \quad \lambda_{143} \quad \lambda_{153} \quad \lambda_{163} \quad \lambda_{173} \quad \lambda_{183}] \begin{bmatrix} x_{13} \\ x_{14} \\ x_{15} \\ x_{16} \\ x_{17} \\ x_{18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{13} \\ \epsilon_{14} \\ \epsilon_{15} \\ \epsilon_{16} \\ \epsilon_{17} \\ \epsilon_{18} \end{bmatrix}$
Work Enviroment	$\eta_4 = [\lambda_{64} \quad \lambda_{74} \quad \lambda_{84}] \begin{bmatrix} x_6 \\ x_7 \\ x_8 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_6 \\ \epsilon_7 \\ \epsilon_8 \end{bmatrix}$
System Production Improvement	$\eta_5 = [\lambda_{235} \quad \lambda_{245} \quad \lambda_{255} \quad \lambda_{265} \quad \lambda_{275} \quad \lambda_{285} \quad \lambda_{295}] \begin{bmatrix} x_{23} \\ x_{24} \\ x_{25} \\ x_{26} \\ x_{27} \\ x_{28} \\ x_{29} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{23} \\ \epsilon_{24} \\ \epsilon_{25} \\ \epsilon_{26} \\ \epsilon_{27} \\ \epsilon_{28} \\ \epsilon_{29} \end{bmatrix}$
Production Improvement	$\eta_6 = [\lambda_{306} \quad \lambda_{316} \quad \lambda_{326} \quad \lambda_{336} \quad \lambda_{346} \quad \lambda_{356}] \begin{bmatrix} x_{30} \\ x_{31} \\ x_{32} \\ x_{33} \\ x_{34} \\ x_{35} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{30} \\ \epsilon_{31} \\ \epsilon_{32} \\ \epsilon_{33} \\ \epsilon_{34} \\ \epsilon_{35} \end{bmatrix}$

Figura N°4.10: Ecuaciones para cada Factor de Madurez

Fuente: Cano (2020)

La Herramienta de Calificación de la Madurez de LC en la GPC (SLC-QT) se utiliza para identificar el nivel de madurez que alcanza la GPC. A partir del cálculo de los índices locales de madurez (ILM) y el índice local de madurez (IGMo).

Índices locales de madurez (ILM)

Según Cano (2019) un ILM_i representa el nivel de madurez alcanzado por el FM, al considerar las relaciones directas que recibe de los FM con los cuales está asociado directamente. Estos índices consideran las relaciones directas e indirectas entre los FM. En estas ecuaciones, la primera parte de la expresión corresponde a la contribución a la madurez del FM de sus respectivos atributos (xj), y la segunda parte corresponde a la relación directa e indirecta de otros FM.

Los índices obtenidos como resultado del desarrollo del modelo estadístico se presentan en la Figura N° 4.11. El valor de cada ILM se calcula en dos rutas. El primero derivado de las ponderaciones específicas aportadas por los atributos correlacionados que explican el vencimiento de cada factor de forma independiente, y segundo, por el efecto del vencimiento de factores relacionados que influyen directa o indirectamente en el vencimiento de un factor. Se presenta un resumen de las siete ecuaciones que sustentan los siete factores de madurez (Cano, 2020).

$ILM_1 = Y_{CommTM}$	$Y_1 = (0{,}277 * x_9 + 0{,}278 * x_{10} + 0{,}240 * x_{11} + 0{,}205 * x_{12})$
$ILM_2 = Y_{LeaderSh}$	$Y_2 = (0{,}268 * x_{19} + 0{,}266 * x_{20} + 0{,}253 * x_{21} + 0{,}214 * x_{22}) + (0{,}104 * ILM_1)$
$ILM_3 = Y_{TeamWork}$	$Y_3 = (0{,}192 * x_1 + 0{,}206 * x_2 + 0{,}213 * x_3 + 0{,}198 * x_4 + 0{,}191 * x_5) + (0{,}095 * ILM_1 + 0{,}059 * ILM_2)$
$ILM_4 = Y_{WorkEnv}$	$Y_4 = (0{,}337 * x_6 + 0{,}332 * x_7 + 0{,}331 * x_8) + (0{,}087 * ILM_2 + 0{,}056 * ILM_3)$
$ILM_5 = Y_{SupporOp}$	$Y_5 = (0{,}160 * x_{13} + 0{,}180 * x_{14} + 0{,}171 * x_{15} + 0{,}161 * x_{16} + 0{,}184 * x_{17} + 0{,}144 * x_{18}) + (0{,}136 * ILM_1 + 0{,}059 * ILM_2 + 0{,}072 * ILM_4)$
$ILM_6 = Y_{SPImprov}$	$Y_6 = (0{,}157 * x_{23} + 0{,}152 * x_{24} + 0{,}152 * x_{25} + 0{,}148 * x_{26} + 0{,}143 * x_{27} + 0{,}134 * x_{28} + 0{,}114 * x_{29}) + (0{,}030 * ILM_2 + 0{,}121 * ILM_5)$
$ILM_7 = Y_{ProImpro}$	$Y_7 = (0{,}175 * x_{30} + 0{,}170 * x_{31} + 0{,}169 * x_{32} + 0{,}168 * x_{33} + 0{,}161 * x_{34} + 0{,}157 * x_{35}) + (0{,}050 * ILM_3 + 0{,}072 * ILM_5 + 0{,}059 * ILM_6)$

Figura N° 4.11: Índices locales de madurez para cada factor de madurez

Fuente: Cano (2020)

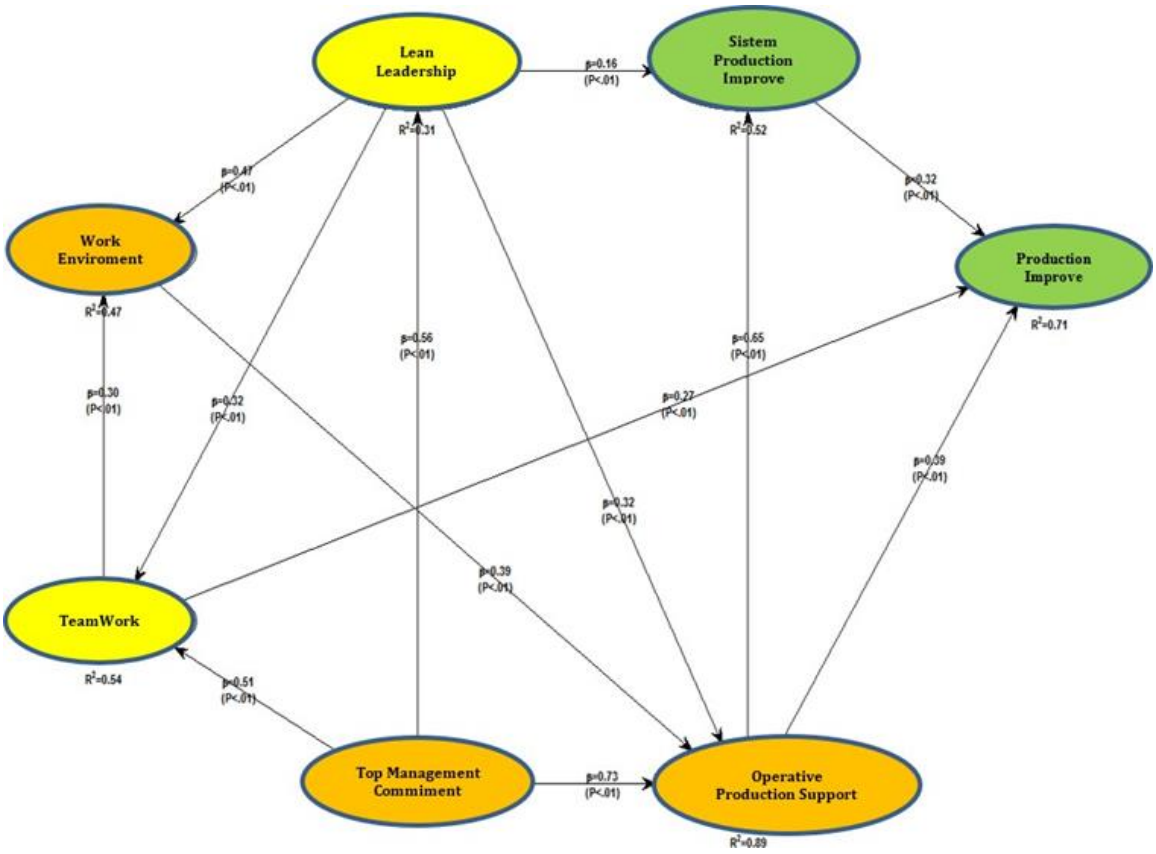


Figura N°4.12: Representación de las relaciones entre los factores de madurez - Modelo de Ecuaciones Estructurales para la Madurez de LC

Fuente: Cano (2019)

Cálculo del índice global de madurez (IGM)

Un IGM representa el nivel de madurez alcanzado por el proceso de gestión de producción de proyectos de construcción al implementar LC. Este indicador se construye a partir de los ILM. A continuación, se presenta la formulación del IGM:

$$\mathrm{IGM}_0 = 0.154 * \mathrm{ILM}_1 + 0.134 * \mathrm{ILM}_2 + 0.122 * \mathrm{ILM}_3 + 0.142 * \mathrm{ILM}_4 + 0.151 * \mathrm{ILM}_5$$

Ajuste del índice por escala

De acuerdo con Cano (2019) el modelo estadístico, el IGMo toma valores en un rango entre 1,161 y 5,804, estos son los valores mínimos y máximo que puede tomar el índice. Estos valores corresponden respectivamente a un nivel de madurez 1 para todos los atributos evaluados con un alcance de madurez igual a 1, y a un nivel de madurez 5 para todos los atributos evaluados con un alcance de madurez igual a 5.

El modelo de Cano (2019) considera necesario realizar un cambio de la escala del resultado final del IGMo, o índice global de madurez en su escala original, a una escala que se encuentre en un rango entre 1 y 5, para un mejor entendimiento por parte del usuario del modelo respecto del nivel de madurez obtenido. Este índice es identificado como $IGM_{(1-5)}$, el cual para esta investigación se denomina IGM. Para esta transformación, primero se cambia la escala del índice entre 0 y 1, y después se cambia la escala entre 1 y 5 con las ecuaciones a continuación:

$$I_{(0-1)} = \frac{IMG_0 - 1.161}{5.804 - 1.161}$$

$$I_{(1-5)} = \frac{\left[I_{(0-1)} - 0\right] * [5-1]}{[1-0]} + 1$$

Tabla N°4.24 Índices locales de madurez de referencia para niveles de madurez entre 1 y 5

Fuente: Cano (2019)

Nivel de madurez de referencia	ILM_1	ILM_2	ILM_3	ILM_4	ILM_5	ILM_6	ILM_7	IGM_0	$IGM_{(1-5)}$
1	1,000	1,105	1,160	1,161	1,285	1,189	1,221	1,161	1,000
2	2,000	2,210	2,320	2,322	2,570	2,377	2,441	2,322	2,000
3	3,000	3,315	3,481	3,483	3,854	3,566	3,662	3,482	3,000
4	4,000	4,420	4,461	4,644	5,139	4,754	4,883	4,643	4,000
5	5,000	5,525	5,801	5,806	6,424	5,943	6,103	5,804	5,000

4.2 ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE MADUREZ

4.2.1 Análisis de contenido

Basado en Elo & Kyngäs (2007), el análisis de contenido es un método que se puede utilizar con datos cualitativos y/o cuantitativos. El objetivo es construir un modelo para describir el fenómeno a estudiar de forma conceptual; y la información se procesa en tres fases principales: preparación, organización y presentación de información.

Tabla N°4.25 Calificación y Clasificación de modelos de madurez mediante el análisis de contenido

Calificación de Modelos de Madurez		MDMLC	HELPC	LCR	MAELC	ALC	LCMM	MMDPLC	LCI Lean IPD	SLC-EModel	LCMR
Bibliografía	Bibliografía Desconocida										
	Bibliografía Indexada										
Evaluación del Contenido	Explicación Superficial										
	Explicación Detallada										
Complejidad de la Herramienta	Muy complejo										
	Aplicación ágil										
Escala de Resultados	Escala Imprecisa										
	Escala Clara										
Visualización de Resultados	Presentación Visual Mala										
	Gestión Visual buena										
Encuestas o Instrumentos de Medición	No existen										
	Totalmente Detallado										
Puntuación Final del Modelo	Puntuación Baja										
	Puntuación Alta										

Para el presente estudio se realizó el análisis de contenido a partir de un estudio profundo de los modelos de madurez. Para esto se definieron seis categorías de análisis: bibliografía, evaluación del contenido, complejidad de la herramienta, escala de resultados, visualización de resultados y encuesta o instrumentos de recolección de datos (Ver Anexo L). También se definió una escala de colores, en la Figura N° 4.13 se presenta los colores adoptados y cada criterio general de clasificación.

Escala de Colores	
1	Malo
2	Insuficiente
3	Regular
4	Satisfactorio
5	Excelente

Figura N°4.13. Escala referencial general para la clasificación de modelos de madurez

Los cuatro modelos de madurez que tuvieron el mejor promedio en las seis categorías recibieron la mayor clasificación, como se muestra en la Tabla N° 4.25 como verde claro “satisfactorio” en la puntuación final. Estos cuatro modelos de madurez serán analizados con otro método objetivo para clasificarlos según las ventajas de cada modelo.

4.2.2 Choosing by Advantages (CBA) para la elección del modelo de madurez

Choosing by Advantages (CBA) o elegir por ventajas, es el método que se utilizará para la elección del modelo de madurez. Este método para la toma de decisiones permite reducir la subjetividad que involucra tomar una decisión al momento de elegir entre varias alternativas.

A partir de conocer las alternativas, definir atributos, definir factores y establecer los criterios para cada factor con el fin de obtener la ventaja que aporta mayor valor a la elección. De esta forma se analizan los cuatro modelos de madurez para seleccionar objetivamente el modelo que utilizaremos para la aplicación en un sistema de producción de un proyecto de construcción.

De acuerdo con la metodología del CBA, se definieron factores (ver Tabla N° 4.26) para iniciar con el análisis por ventajas entre los cuatro modelos de madurez preseleccionados.

Luego se elaboró la tabla de análisis de decisión (Ver Tabla N°4.27) colocando 4 alternativas, 6 atributos definidos, criterios para cada uno de los atributos y se colocó la información objetiva proveniente de la revisión de la literatura; de la consulta a los expertos y del esfuerzo que le involucró al investigador en elaborar los MM en hojas de cálculo, debido a que solo existe la hoja de cálculo del MM-LCI Lean IPD disponible en la literatura. Los otros tres MM solo están explicados en tesis doctorales de manera teórica.

Tabla N°4.26 Definición de factores para CBA

Factores	Descripción
Difusión en la Industria	Se toma en cuenta el número de expertos investigadores que respondieron en la consulta realizada en esta investigación.
Cantidad de Elementos por Medir	La cantidad de elementos por medir está definida por cada uno de los MM, de esta forma se puede medir el esfuerzo que necesita el equipo para generar un diagnóstico de la madurez actual. Este Factor busca medir la cantidad de cosas que se tiene que medir con cada uno de los MM, algunos miden comportamientos, practicas, características, atributos.
Tiempo para Realizar el Diagnostico	Se toma en cuenta el tiempo que aproximadamente le demoró al autor realizar una evaluación piloto de la madurez con cada uno de los cuatro MM.
Difusión en la Literatura	Se toma en cuenta el número de expertos investigadores que respondieron en la consulta realizada en esta investigación.
Numero de Evaluadores Necesarios	Se toma en cuenta el número de personas que se necesita para la evaluación, basada en las experiencias difundidas por artículos de investigación. Solo en el caso donde no se encuentre literatura sobre una aplicación práctica de un MM, se utilizó la experiencia del investigador.
Tiempo de Elaboración del Modelo	Se toma en cuenta el tiempo que llevo al investigador reconstruir las hojas de cálculo de los modelos de madurez a partir de las tesis de los creadores de cada uno de los MM.
Sustento matemático del Modelo	Se toma en cuenta el criterio lógico - matemático de cómo se construye y cómo funciona el modelo.

Tabla N°4.27 Análisis de decisiones mediante CBA

Factores	Ventaja	Idv	Ventaja	Idv	Ventaja	Idv	Ventaja	Idv
	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
	LCMM		MMDPLC		LCI Lean IPD		SLC-Emodel	
a) Difusión en la Industria	2 Expertos		2 Expertos		5 Expertos		2 Expertos	
Criterio (Más es mejor)					3 Expertos más	40		
b) Cantidad de Elementos por Medir	60 comportamientos		16 prácticas		36 características		35 atributos	
Criterio (Menos es mejor)			44 elementos menos	80	24 elementos menos	43.64	25 elementos menos	45.45
c) Tiempo para Realizar el Diagnostico	8 días		3 días		2 días		1 día	
Criterio (Menos es mejor)			5 días menos	35.71	6 días menos	42.86	7 días menos	50
d) Difusión en la Literatura	4 Expertos		4 Expertos		4 Expertos		2 Expertos	
Criterio (Más es mejor)	2 Expertos más	30	2 Expertos más	30	2 Expertos más	30		
e) Numero de Evaluadores Necesarios	2 Personas		1 Persona		1 Persona		1 Persona	
Criterio (Menos es mejor)			1 persona menos	70	1 persona menos	70	1 persona menos	70
f) Tiempo de Elaboración del Modelo	5 días		6 días		ningún día		9 días	
Criterio (Menos es mejor)	4 días menos	33.33	3 días menos	25	9 días menos	75		
g) Sustento matemático del Modelo	Muy confiable		Muy confiable		Muy confiable		Extremadamente Confiable	
Criterio (Más alto mejor)							más confiable	100
SUMA	**30**		**241**		**301**		**265**	

En la Figura N° 4.14 se muestra el grafico de costo de elaboración de los MM vs la importancia de las ventajas para cada uno de los MM. El método del CBA permite plasmar cuál de las alternativas (MM) tiene mayor ventaja respecto a las otras alternativas y el costo que involucra elaborar cada una de las alternativas (MM). En este caso se observa que el modelo LCI Lean IPD y el SLC-EModel son los que tienen mayor ventaja, respecto a los otros MM, para el contexto en el que se quiere utilizar (sistema de producción durante la ejecución de una obra). Para esta investigación se utilizará el modelo SLC-EModel debido que es el modelo que tiene el mayor sustento matemático para generar un diagnóstico de madurez. Además de ser un MM relativamente nuevo en la literatura académica y con mayor proyección en utilizar una inteligencia artificial.

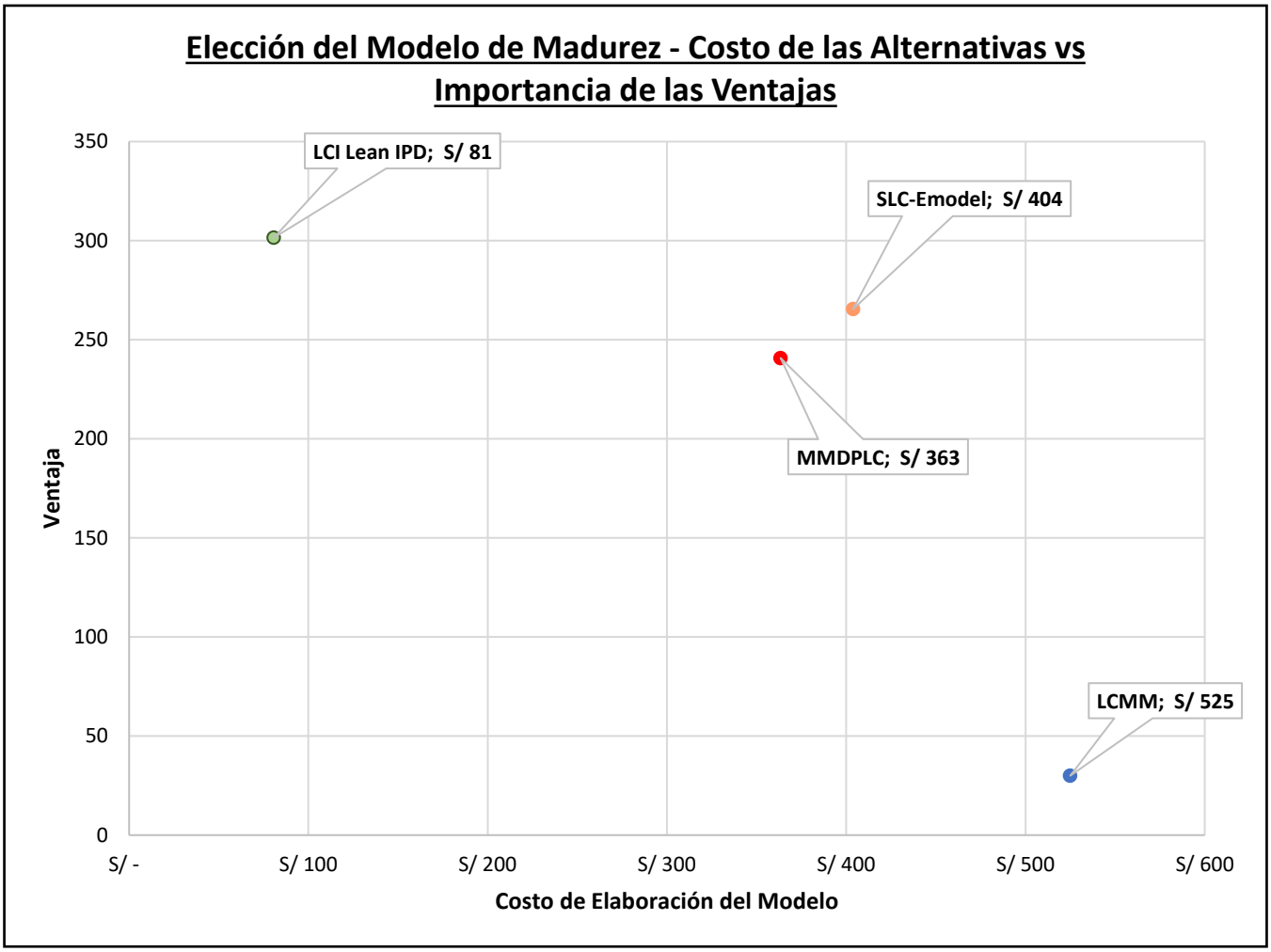


Figura N°4.14: Ventaja de los MM vs costo de elaboración

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: ESTRATEGIAS DE MEJORA CONTINUA

El propósito de este capítulo es conocer y describir los métodos de mejora continua existentes en la literatura, en el desarrollo de este capitulo se presenta un resumen especifico de cada método de mejora continua, con la finalidad de identificar aquel que sea adaptable a la realidad del presente estudio.

A continuación, se describe los siguientes métodos de mejora continua:

5.1 PLANIFICAR-HACER-VERIFICAR-ACTUAR (PDCA)

En 1930, Walter Shewhart definió cuatro pasos para el despliegue de Kaizen, formando un ciclo conocido como: Plan-Do-Check-Act (PDCA) (Durward et al, 2010). El PDCA es un método de gestión de procesos y sistemas que funciona añadiendo calidad al producto final. El método de gestión en el ciclo PDCA repercute no sólo en la mejora de los procesos, sino también en la evolución de los productos y la expansión del negocio.

De acuerdo con la descripción de Imai (1986), el ciclo PDCA se compone de una secuencia lógica de cuatro pasos recurrentes: planificación (Plan), ejecución (Do), revisión (Check) y acción (Act). En esta explicación, se detallan cada uno de estos pasos y se enfatiza su relevancia estratégica.

La etapa de "Planificación" (Plan) involucra el establecimiento de objetivos o metas, así como la definición de métodos para lograr dichos objetivos. En situaciones en las que se requieren cambios significativos, puede ser sensato probar la metodología en un entorno de menor escala o en circunstancias en las que las consecuencias sean más fáciles de rastrear o mitigar.

La etapa de "Ejecución" (Do) implica llevar a cabo el plan. La recopilación de datos en esta etapa es esencial para las dos fases siguientes y para la medición constante del progreso hacia los objetivos.

La etapa de "Revisión" (Check) utiliza los datos recopilados en la etapa anterior para compararlos con los resultados obtenidos y, en particular, con los objetivos establecidos en la fase inicial de planificación. Aquí, se busca identificar cualquier desviación del plan y cualquier discrepancia significativa.

La etapa final de "Acción" (Act) implica la implementación de medidas correctivas. Estas acciones correctivas deben llevarse a cabo después de identificar claramente las fuentes de variación negativa, para evitar acciones innecesarias. Todas las acciones correctivas deben ser específicas y dirigidas a la consecución de los objetivos. En resumen, el ciclo PDCA consta de cuatro etapas:

Tabla N° 5.1 Etapas del PDCA

Fuente: Adaptado de De Souza 2016

PLAN (Plan)	Se realizan análisis desde los más variados puntos de vista sobre un determinado producto. El objetivo es identificar posibles puntos de falla y mejora en el proceso de implementación.
HACER (Do)	Se llevan a la práctica las acciones y métricas establecidas en la fase Planificar. Con el proceso práctico en progreso, surge el siguiente paso.
VERIFICAR (Check)	Las mediciones producen indicadores de desempeño que se comparan con los previstos en la fase de planificación.
ACTUAR (Act)	El paso Actuar interviene en el proceso para proponer acciones correctivas y/o de mejora en el ciclo, recomendando incluso la creación de un nuevo ciclo, en caso de ser necesario

5.2 TOYOTA KATA

Según Perez (2021) el libro “Toyota Kata” introdujo el concepto de las Katas de Toyota al mundo. Al hacerlo, reveló un lado muy práctico, pero disciplinado de Toyota. Una cultura disciplinada de mejora continua es una forma de vida para los empleados de Toyota basada en la sencilla pero poderosa metodología PDCA que utiliza el pensamiento científico para avanzar en su conocimiento y desarrollar a cada empleado para que pueda resolver mejor los problemas. La idea del pensamiento científico se trata de reunir e interpretar nueva información para refinar nuestra comprensión y evolucionar nuestro pensamiento.

La palabra "kata" se refiere a secuencias de movimiento en artes marciales utilizadas para entrenar combatientes para que sus acciones se vuelvan instintivas, esencialmente de segunda naturaleza. En Lean, Kata se refiere a las rutinas de comportamiento que se practican para convertirse en hábitos naturales (Rother, 2009 como se citó en Pérez, 2021).

El Toyota Kata es un enfoque estándar y estructurado para la mejora continua que implica un pensamiento sistemático y científico que refleja la cultura de Toyota para el desarrollo de las personas y para impulsar mejoras operativas. Su objetivo

es cambiar la forma de pensar y resolver problemas de las personas mediante el entrenamiento y el refuerzo de los comportamientos deseados a través de una rutina deliberada y practicada que, tras una repetición extensa, se convierte en un hábito inconsciente. Es una forma de involucrar recursos sin explotar o subutilizados para crear una cultura organizacional de mejoras continuas de procesos (Gisi, 2018 como se citó en Pérez, 2021).

Para Rother (2018) solo hay tres cosas que podemos y necesitamos saber en el camino de la mejora continua en una organización, estas son: dónde estamos, dónde queremos estar, con qué medios deberíamos maniobrar en el confuso territorio que hay entre aquí y allí (ver Figura N° 5.1). El camino que va desde donde estamos hasta donde queremos estar es una zona grisácea llena de obstáculos, problemas y cuestiones impredecibles que solo podremos descubrir a lo largo del camino.

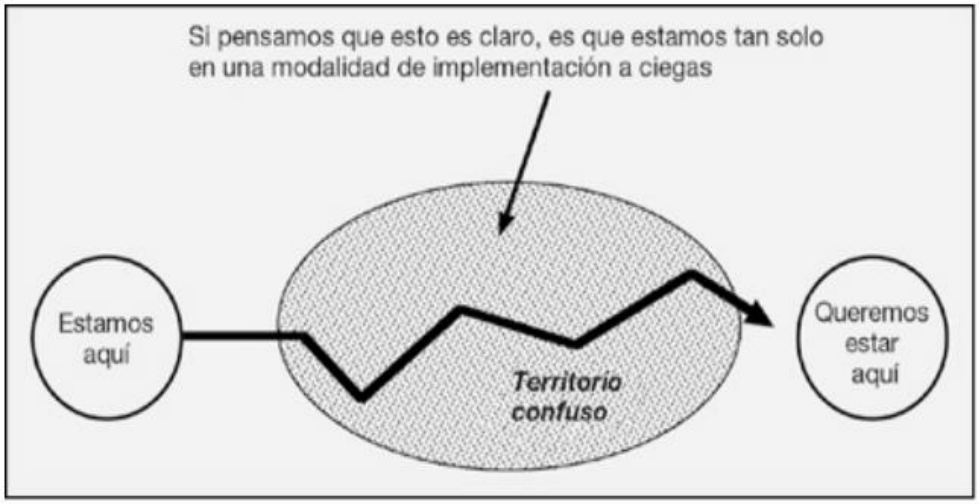


Figura N° 5.1: Recorrido de un proceso de mejora del estado actual al estado deseado

Fuente: Rother (2018)

El objetivo de Toyota Kata (TK) es cambiar la forma de pensar y resolver problemas de las personas mediante el entrenamiento y el refuerzo de los comportamientos deseados a través de una rutina deliberada y practicada que, tras una repetición extensa, se convierte en un hábito inconsciente. Es una forma de involucrar recursos sin explotar, para crear una cultura organizacional de mejoras continuas de procesos. El enfoque de TK se basa en dos conceptos: Kata de Mejora (IK) y Kata de Entrenamiento (CK). El aprendiz y su equipo realizan el

Kata de Mejora, mientras que el Kata de Entrenamiento requiere un entrenador (mentor) para acompañar, guiar y desarrollar habilidades en el aprendiz para asegurar su éxito al aprender a aplicar el Kata de Mejora (Rother, 2009).

5.2.1 Kata de Mejora

Rother (2009), describe a la Kata de Mejora como una rutina de mejora continua para que el aprendiz y su equipo de trabajo desarrollen un pensamiento científico y creativo, para que enfrenten desafíos en condiciones dinámicas y alcancen sus objetivos. Y para su desarrollo propone los siguientes cuatro pasos para la Kata de mejora representada en la Figura N° 5.2.

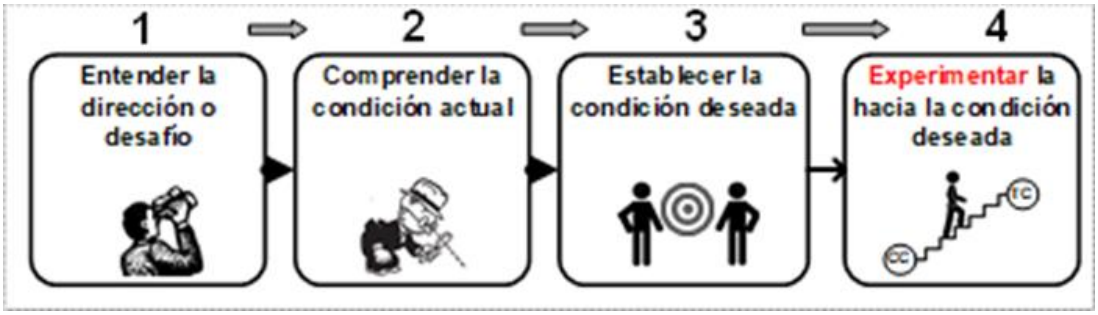


Figura N° 5.2: Etapas de la Kata de mejora

Fuente: Rother (2016)

5.2.1.1 Comprender la dirección / desafío

Una visión es una descripción de la condición que uno quiere lograr en el futuro; ayuda al pensamiento y la acción a enfocarse en el objetivo y permite evaluar ideas y propuestas con el mismo objetivo, evitando la necesidad de tomar decisiones que se contradicen entre sí. Después de definir la visión, se selecciona un desafío sin límite establecido, que especifique el que y cuando, pero no el cómo. Esto concentra las energías gastadas por la organización en la mejora de procesos específicos, para evitar el gasto de energía en la selección aleatoria de todo lo que parece urgente (Rother, 2009).

5.2.1.2 Comprender la condición actual del proceso

Este paso se considera como el punto de partida para las mejoras, con el objetivo de comprender el patrón de trabajo actual. A través de observaciones y mediciones en el sistema, se pretende obtener conocimiento de los métodos de trabajo, operaciones y datos actuales (Rother, 2009).

5.2.1.3 Establecer la siguiente condición objetivo

La condición objetivo es importante para la gestión y mejora eficaz de un proceso que Toyota no suele comenzar tratando de mejorar o avanzar antes de haber definido una condición objetivo. Esto asegura que los esfuerzos de la gente se focalicen en necesidades reales y no en las diversas ideas u opiniones acerca de lo que podemos hacer (Rother, 2009).

5.2.1.4 Experimente hacia la condición objetivo

En esta etapa, se llevan a cabo pequeños experimentos que permitirán al aprendiz y su equipo recorrer el camino desconocido entre la condición actual y la condición objetivo, para ello se toman ciclos rápidos de PDCA. Como solo podremos ver el siguiente obstáculo después de dar un paso (un ciclo de PDCA), deberíamos dar ese paso tan pronto como sea posible. Por dicha razón, los ciclos PDCA individuales son ejecutados a veces tan rápidamente como es posible, a veces un ciclo tarda unos pocos minutos, siguiendo las pautas de la siguiente Figura N° 5.3 (Rother, 2016).

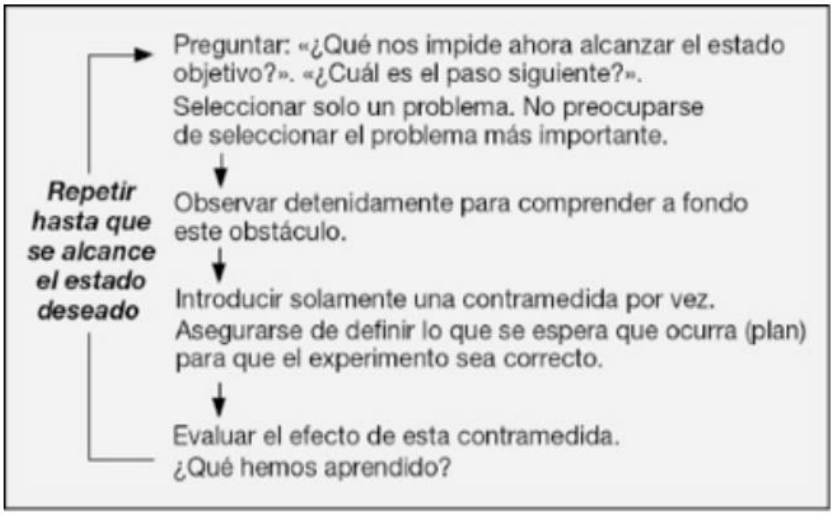


Figura N° 5.3: Experimentación en ciclos rápidos

Fuente: Rother (2016)

Según Rother (2016), el deseo de ejecutar ciclos rápidos de PDCA influye sobre la naturaleza de los pasos que tomamos en dirección hacia un estado objetivo. La idea es no esperar hasta tener una solución perfecta, sino dar el paso ya, con lo que ya se tenga a mano, para poder ver más lejos. Es preferible dar un paso provisional ahora a dar un paso perfecto más adelante, e invertir en prototipos y

experimentos por adelantado, que puede parecer un gasto adicional, pero suele reducir el coste total a largo plazo.

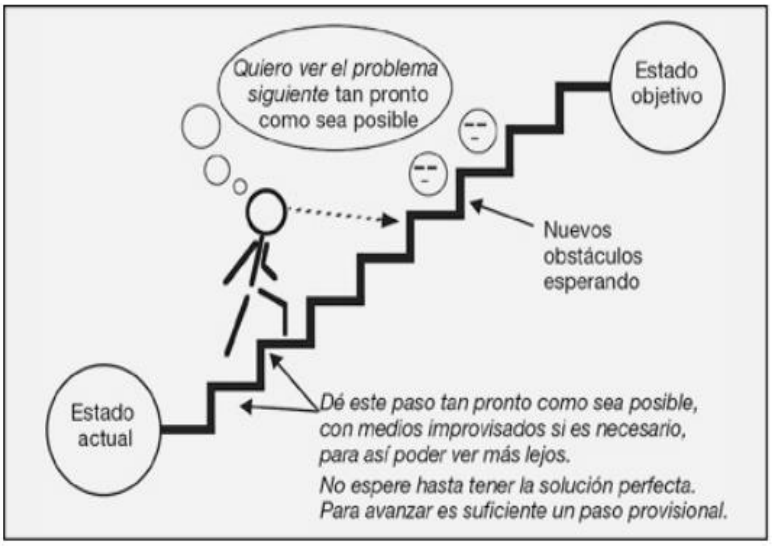


Figura N° 5.4: Experimentar para encontrar nuevos obstáculos

Fuente: Rother (2018)

5.2.2 Kata de Entrenamiento

Según Rother (2009), para que el estándar de mejora de Kata se practique de manera efectiva y eficiente, el aprendiz necesita orientación, como es el caso en varias actividades diarias. Kata de Entrenamiento requiere que una persona experimentada (entrenador) acompañe al aprendiz durante todo el proceso de mejora de Kata, asegurando que siga y aplique todos los pasos necesarios. El entrenador ayuda al aprendiz a establecer las condiciones objetivo y desarrollar soluciones, pero sin proporcionar la solución final. La Figura N° 5.5 representa la relación entre el Kata de Mejora y el Kata de Entrenamiento.

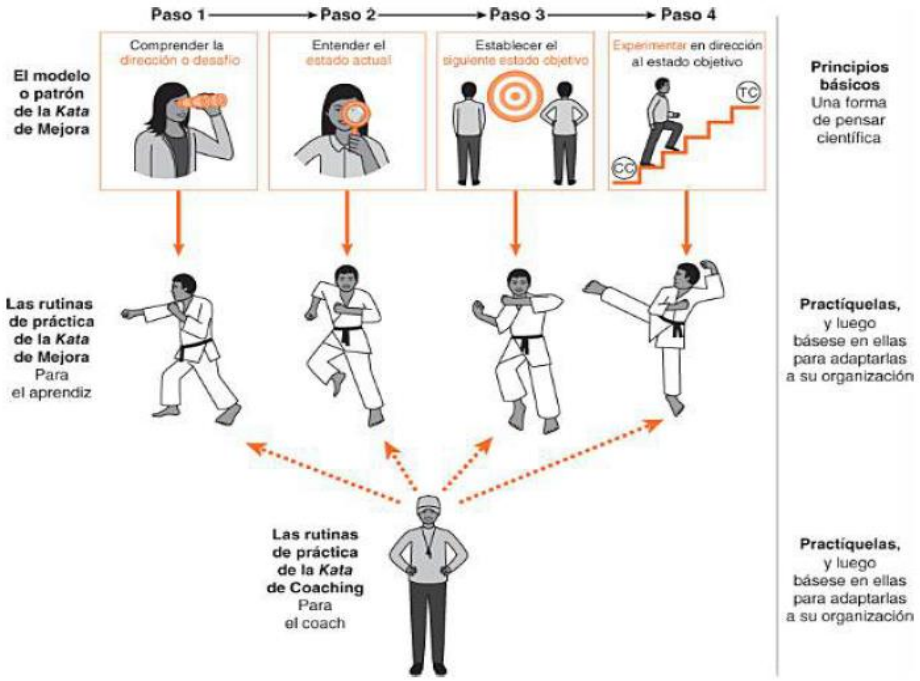


Figura N° 5.5: Modelo Toyota Kata

Fuente: Rother (2018)

El entrenador actúa muy cerca del equipo, usando las preguntas sugeridas en el libro Toyota Kata, y por lo tanto acompaña las mejoras. Un paso importante es la definición de la condición objetivo. Esto puede ubicarse en la llamada zona de aprendizaje, donde el objetivo puede ser desafiante, pero no fuera de su alcance. Por lo tanto, el alumno no está frustrado, sino motivado. Cada vez que el aprendiz presenta alguna sugerencia de acción a tomar, y esto no va en la dirección correcta, el entrenador por su conocimiento y experiencia, y a través de las cinco preguntas, Kata ayuda al equipo a redirigirse y continuar el experimento en la dirección correcta (Rother, 2009).

Para llevar a cabo estos ciclos de entrenamiento repetitivos se deben de responder 5 preguntas:

5 preguntas de Kata de Entrenamiento
¿Cuál es la condición objetivo? (El desafío) ¿Qué esperamos que suceda?
¿Cuál es la condición actual ahora? ¿Es la descripción de la condición actual medible? ¿Qué aprendimos del último paso? Ve y velo por ti mismo. No confíe en los informes.

¿Qué obstáculos le impiden ahora alcanzar la condición objetivo? ¿A cuál te diriges ahora? Observe cuidadosamente el proceso o situación. Concéntrese en un problema u obstáculo a la vez. Evite la parálisis de Pareto: no se preocupe demasiado por encontrar el mayor problema de inmediato. Si está avanzando en ciclos rápidos, lo encontrará pronto.
¿Cuál es tu próximo paso? (Inicio del próximo ciclo de PDCA)Tome solo un paso a la vez, pero hágalo en ciclos rápidos. El siguiente paso no tiene que ser el más beneficioso, el más grande o el más importante. Lo más importante es que tomes un paso. Muchos de los próximos pasos son un análisis adicional, no contramedidas. Si el siguiente paso es más análisis, ¿qué esperamos aprender? Si el siguiente paso es una contramedida, ¿qué esperamos que suceda?
¿Cuándo podemos ir y ver lo que hemos aprendido al dar ese paso? Tan pronto como sea posible. Hoy no es demasiado pronto. ¿Qué tal si vamos y damos ese paso ahora? (¡Luchen por ciclos rápidos!)

Tabla N°5.1 Cinco Preguntas para la Kata de Entrenamiento
Fuente: Pérez (2021) Adaptado de Rother (2016)

A medida que se repite continuamente el ciclo, se debe reflexionar sobre el último paso dado para introducir mejoras. ¿Qué se esperaba? ¿Qué pasó realmente? ¿Que se aprendió?

5.3 SEIS PASOS HACIA LA MEJORA

Según Kato y Smalley (2011) en el libro “Toyota Kaizen Methods Six Steps to Improvement”, propone un modelo conformado por 6 pasos para el desarrollo de la mejora continua.

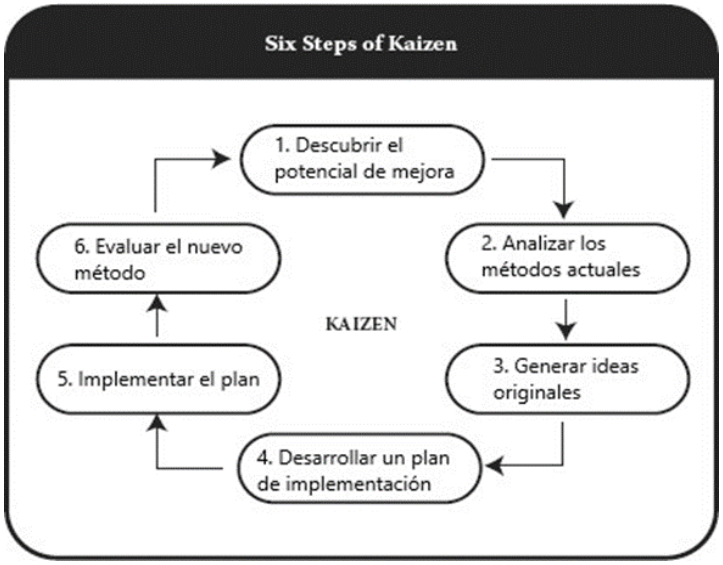


Figura N° 5.6: Modelo de seis pasos para la mejora continua

Fuente: Kato y Smalley (2011)

Kato y Smalley (2011) describen los seis pasos en forma holística al comportamiento natural de buscar mejoras secuenciales (Kaizen).

Paso 1: Descubra el potencial de mejora

Kato y Smalley (2011) indican que para descubrir el potencial de mejora primero que todo se debe tener una actitud abierta hacia el cambio y crítica a la situación actual, analizando y clasificando todo lo observado en la compañía. Existen variados métodos básicos para identificar las oportunidades de mejora, entre los que destacan:

- Comparar el desempeño actual con el estándar
- Analizar la producción mediante tableros de análisis
- Identificar los 9 tipos de muda dentro de la producción
- Aplicar las 5S

Paso 2: Analizar los métodos actuales

Analizar los métodos actuales no solo contempla analizar el trabajo, sino que también analizar el movimiento, el tiempo, los estándares, perdidas de maquinaria y flujo de materiales (Kato y Smalley, 2011).

- **Desglose del trabajo:** El análisis del trabajo implica la práctica de descomponer las partes principales de una tarea y examinar detenidamente cada uno de sus elementos. Esto se puede lograr mediante la descomposición de las tareas en componentes más pequeños.
- **Análisis de movimientos:** El análisis de movimientos es una manera de desarrollar una perspectiva crítica sobre las oportunidades de mejora en cualquier proceso que involucre la actividad humana. Evaluar y comprender el movimiento es fundamental para abordar adecuadamente otras iniciativas de mejora, como la estandarización del trabajo. En este contexto, se sugiere el uso de símbolos para facilitar el análisis.
- **Estudio de tiempos:** La realización de un estudio de tiempos implica diversas recomendaciones, como la observación minuciosa de la zona de

trabajo, la comprensión de los ciclos y la medición de su duración, el cálculo de los tiempos requeridos para cada actividad y la identificación de las actividades más repetitivas.

- **Estandarización del trabajo:** La estandarización del trabajo se aplica a tareas que son cíclicas y se repiten a lo largo del día. Para implementarla de manera efectiva, se comienza por establecer un "takt time" (ritmo de la demanda) basado en las necesidades del cliente para el área específica. Este valor se utiliza luego para determinar la cantidad de trabajo que una persona puede gestionar.

- **Análisis de pérdidas en máquinas:** El análisis de pérdidas en máquinas implica la evaluación de diversos aspectos, como el funcionamiento defectuoso de los equipos, los cambios de equipos, los tiempos de ciclo de las máquinas, las paradas menores, los productos defectuosos o que requieren retrabajo, así como las pérdidas iniciales o de rendimiento.

- **Análisis del flujo de materiales:** En este contexto, es útil crear un mapa que represente el flujo de materiales y elaborar un diagrama que muestre el proceso de trabajo para comprender y mejorar la eficiencia en la manipulación de materiales.

Paso 3: Generar ideas originales

Hay obstáculos habituales que pueden obstaculizar la creatividad, como la rutina arraigada y las ideas preconcebidas. Por esta razón, se sugiere separar el proceso de generación de ideas del proceso de evaluación, fomentar la generación de la mayor cantidad de ideas posible y explorar perspectivas diversas. Entre las técnicas para generar ideas se incluyen el brainstorming, el método de la lista de Osborn y la aplicación de las pautas de economía en movimiento (Kato y Smalley, 2011).

Paso 4: Desarrolle un plan de implementación

Este representa el paso "Plan" del ciclo PDCA. Asegúrese de que las mejoras planificadas sean auténticas iniciativas de Kaizen a nivel del sistema, y no simples mejoras locales que tengan un impacto limitado. Mantenga reuniones concisas que se enfoquen en las tareas específicas que deben llevarse a cabo, su

ubicación, el plazo de ejecución y las metas a alcanzar, todo ello en intervalos apropiados (Kato y Smalley, 2011).

Paso 5: Implementar el plan

La etapa de implementación corresponde esencialmente a la fase "hacer" del ciclo PDCA. Con frecuencia, las empresas muestran una inclinación por poner en marcha diversas ideas, por lo tanto, resulta fundamental llevar a cabo un análisis efectivo de las operaciones para lograr mejoras y generar ideas novedosas. Con el propósito de facilitar la comunicación, herramientas sencillas como los informes A3 pueden resultar sumamente beneficiosas (Kato y Smalley, 2011)

Paso 6: Evaluar el nuevo método

La fase final de la verificación de los resultados es crucial, ya que, de lo contrario, todo el proceso de Kaizen corre el riesgo de fracasar. En el contexto de la resolución de problemas, esta etapa comúnmente se conoce como "comprobar los resultados". El propósito principal es establecer con total certeza que se comprenden a fondo las relaciones causa-efecto y que se logran resultados cuantificables con un alto grado de confiabilidad a partir de las acciones específicas. La medición de mejoras no se limita a un solo enfoque, en realidad, se suele utilizar una combinación de técnicas que involucran métricas o símbolos. Es esencial llevar a cabo un seguimiento a lo largo del tiempo y determinar con precisión cuáles acciones contribuyeron a obtener estos resultados de mejora (Kato y Smalley, 2011).

5.4 METODOLOGÍA DE MEJORA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Serpell y Alarcón (1998), presentan una metodología estructurada desarrollada para la mejora y la eliminación de residuos en los proyectos de construcción. Esta metodología consta de 6 pasos o procesos:

Primer Paso: Evaluación de la situación actual

El punto de partida de esta metodología implica la observación minuciosa, la recopilación y el análisis de datos relacionados con el proceso de construcción del proyecto en cuestión. El propósito fundamental es obtener una visión integral de

lo que ocurre en el proyecto y se emplean una serie de actividades y herramientas para lograrlo, como muestreo de trabajo, encuestas para identificar residuos, observación de procesos, entre otros. Esto tiene como objetivos principales:

Comprender a fondo todos los aspectos vinculados al proceso de construcción del proyecto.

Identificar residuos y actividades sin valor agregado.

Detectar fallos en la gestión y la organización.

Identificar las posibles causas de los residuos y deficiencias.

Encontrar oportunidades de mejora prácticas y fácilmente aplicables.

Segundo Paso: Análisis y Detección de Oportunidades de Mejora

Una vez que se han identificado los residuos y sus causas, la siguiente etapa consiste en identificar oportunidades de mejora que sean rentables y capaces de reducir los residuos o aumentar la productividad. Para lograr esto, se utiliza un enfoque de trabajo en equipo y se realiza una lluvia de ideas. El resultado final de esta etapa es una lista de oportunidades de mejora clasificadas según su potencial beneficio.

Tercer Paso: Definición y Evaluación de Estrategias y Acciones de Mejora

Después de seleccionar las oportunidades de mejora más prometedoras, se establecen estrategias y acciones específicas para implementar. Se eligen las estrategias y acciones más factibles y rentables para su implementación. Se establecen objetivos y se seleccionan métricas de rendimiento para evaluar si se logran las mejoras deseadas. Estas estrategias y acciones se pueden clasificar según cuándo se implementarán (a corto o mediano plazo) y según su alcance (acciones correctivas o cambios en el enfoque actual del proceso de construcción).

Cuarto Paso: Planificación de la Implementación

En esta etapa, se planifican las actividades necesarias para implementar las estrategias y acciones definidas. Esto implica:

Asegurar el compromiso de la gerencia.

Comunicar el plan a los trabajadores.

Proporcionar capacitación sobre los cambios planeados.

Brindar apoyo durante la implementación.

Evaluar los posibles impactos de los cambios en otras áreas o procesos de construcción.

Quinto Paso: Seguimiento y Evaluación de Resultados

En este punto, se realiza un seguimiento de los resultados obtenidos durante la implementación, evaluando las métricas de rendimiento establecidas para cada acción de mejora. El foco de esta etapa se centra en revisar las mejoras reales alcanzadas, las dificultades encontradas y las razones que puedan haber impedido o reducido las ganancias previstas. A partir de esta evaluación, se toman decisiones, ya sea aplicar acciones correctivas a etapas anteriores o concluir la implementación con éxito de los procesos.

Sexto Paso: Acciones Correctivas y Mantenimiento de Cambios para Asegurar Beneficios

En la última etapa, se implementan acciones correctivas según los resultados obtenidos en la etapa anterior para hacer que la implementación sea más efectiva. Además, se garantiza el mantenimiento de los cambios implementados para asegurar los beneficios a corto y largo plazo esperados.

5.5 ADMINISTRAR LA MEJORA CON SDCA & PDCA

Imai (1998) menciona una metodología estructurada para orientar el mejoramiento en forma escalonada, similar a subir una escalera paso a paso (Figura N° 5.7), estabilizando lo mejorado con un estándar (paso) para adoptar estas buenas prácticas; y refutando el estándar para lograr nuevos estándares con pequeñas mejoras (contrapaso). Solo cuando se ha establecido una mejora de forma exitosa, se toma una acción final, la estandarización metodológica para garantizar que los nuevos métodos introducidos se practiquen continuamente para una mejora sostenida.

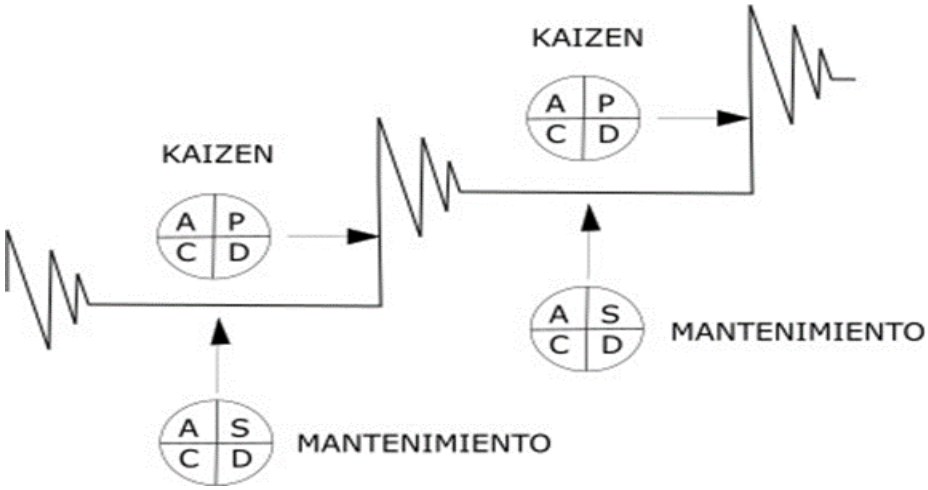


Figura N° 5.7: Interacción del ciclo PDCA y SDCA con Kaizen

Fuente: Imai (1998)

Para Imai (1998) el proceso de realizar un Kaizen en su máxima eficiencia es seguir el proceso iterativo de mejoramiento a partir de SDCA y PDCA de forma continua. El ciclo de PDCA gira y gira, tan pronto como se hace un mejoramiento se convierte en un estándar que será refutado con nuevos planes para más mejoramientos. En esta forma, PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) se entiende como un proceso mediante el cual se fijan nuevos estándares sólo para ser refutados, revisados y reemplazados por otros estándares más nuevos y mejores.

Según Imai (1998) el ciclo de PDCA es una herramienta esencial para realizar mejoramientos y asegurar que los beneficios de estos duren. Inclusive antes de que se emplee el ciclo PDCA, es esencial que los estándares corrientes se estabilicen. Ese proceso de estabilización con frecuencia recibe el nombre de ciclo SDCA (Estandarizar-Hacer-Verificar-Actuar), solo cuando el ciclo de SDCA está en operación podemos movernos para mejorar los estándares corrientes por medio de ciclos de PDCA.

5.6 MODELO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS KAIZEN

Según Vivan et al. (2016) presenta una metodología para la implementación de eventos Kaizen, basado en el mecanismo del pensamiento científico (STM) propuesto por Shingo (2010) como medio para desarrollar mejoras e implementarlas en organizaciones orientadas al flujo de procesos. Este método tiene 4 fases principales (identificación del problema, enfoques básicos para la

mejora, elaboración de planes de mejora, traducción de los planes a la realidad) y una fase preliminar de análisis del proceso.

Etapa 1: Identificación del Problema

Esta fase inicial tiene como objetivo principal detectar los problemas que impactan en la producción desde una perspectiva Lean. Para lograr esto, se emplean herramientas como el Mapa de Flujo de Valor (VSM) y las Líneas de Balance (LOB). El VSM se utiliza para analizar la situación actual y proyectar mejoras futuras. Por su parte, las LOB ofrecen una representación visual de los ritmos de producción. Una vez aplicadas estas herramientas, se lleva a cabo un análisis detallado para identificar problemas y destacar áreas de mejora. El resultado de esta etapa es una lista de problemas identificados tanto a nivel de planificación como de operaciones.

Etapa 2: Exploración del Problema

La segunda etapa se enfoca en clasificar el problema identificado. Para ello, es necesario que los coordinadores y otros profesionales celebren reuniones hasta alcanzar un consenso. El análisis de la causa raíz (RCA) es una herramienta valiosa en este proceso, y se utiliza la técnica de los "5 porqués" (5whys) para indagar en las causas fundamentales del problema. Una vez que el problema está clasificado, se define la dirección que tomarán las mejoras.

Etapa 3: Evaluación de la Viabilidad de Implementación

El desarrollo de propuestas para mejorar el sistema de producción debe integrar tanto el enfoque científico como el pensamiento creativo. Esto se logra eficazmente mediante la colaboración de equipos multidisciplinarios, y la lluvia de ideas es una técnica útil para fomentar el pensamiento libre y creativo de los profesionales. El enfoque científico se emplea para evaluar la viabilidad de las propuestas innovadoras, verificando si realmente abordan la raíz del problema identificada en la etapa anterior y si se alinean con los principios Lean.

Etapa 4: Creación de Propuestas de Mejora

El objetivo de esta etapa es definir los parámetros que guiarán la implementación de las mejoras. Para ello, se genera un Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado

futuro que refleja las propuestas de mejora desarrolladas en la Etapa 3. Se establecen indicadores para medir la productividad, el uso eficiente de recursos, entre otros, con el fin de describir la situación actual, controlar el proceso y determinar si las soluciones han logrado los beneficios previstos. Luego, el modelo proporciona orientación para la elaboración de un plan de implementación que incluye actividades, metodologías, responsabilidades y fechas de seguimiento y evaluación. En secuencia, el modelo supervisa la ejecución de los planes y controla continuamente el proceso para garantizar que las mejoras se comprendan y mantengan con el tiempo.

5.7 MECANISMO DE PENSAMIENTO CIENTIFICO - Scientific Thinking Mechanism (STM)

Shingo (1987, 1990, 2010) propone un enfoque científico para identificar problemas, proponer y desarrollar mejoras, e implementarlas en una organización sistemática orientada al flujo. Shingo (1987, 1990, 2010) muestra el STM en una fase preliminar y cuatro fases principales, que serán identificadas y analizadas brevemente en las siguientes secciones.

Etapa Preliminar:

En esencia, Shingo (2010) estructura la sistematización del STM a partir de la Etapa Preliminar, en la que el autor asume que el proceso debe ser analizado considerando su división en grupos de elementos, de modo que las complejidades del proceso se reducen a elementos manejables, en el que los problemas se pueden identificar más fácilmente.

Identificación del Problema:

Shingo (2010) cree que una mejora o el desarrollo de un kaizen debe tener lugar solo después de que los involucrados hayan adquirido una comprensión profunda del problema identificado. Por lo tanto, según el STM, la resolución de un problema implica tres pasos esenciales, a saber: identificar el problema, aclarar el problema y descubrir su causa. Por lo tanto, la primera etapa del STM debe proporcionar el reconocimiento de los problemas y la consiguiente motivación para romper paradigmas, lo que sugiere el comienzo del desarrollo para las mejoras;

Enfoques Básicos para la Mejora:

Shingo (1987, 1990, 2010) enfatiza que los profesionales deben: comprender los hechos con gran nivel de detalle, cuantitativamente en lugar de cualitativamente; pensar en términos de principios categóricos para entender el fenómeno, clasificándolo en tales categorías. Así, este autor afirma que las empresas deben analizar el sistema productivo desde dos enfoques: procedimental (para identificar el curso de los cambios sobre el objeto en cuestión) y operativo (para analizar el curso de los cambios en el agente responsable). Por lo tanto, los profesionales deben: centrarse en las objeciones, reconocer múltiples propuestas y buscar objetivos de mayor complejidad, lo que lleva a un comprensión del statu quo del sistema productivo.

Hacer Planes de Mejora:

En esta etapa, los planes de mejora deben ser entendidos y desarrollados a partir de criterios científicos y creativos desarrollados por métodos de lluvia de ideas. En este sentido, Shingo aprecia cuatro principios: no criticar ninguna idea, obedecer ideas inusuales, generar la máxima cantidad posible de ideas y asociar las ideas (Shingo, 2010).

Traducir los Planes en Realidad:

La última etapa del STM promueve el uso de propuestas de mejora. Shingo (2010) llama la atención sobre posibles objeciones que pueden aparecer incluso durante la implementación de las propuestas. El autor muestra que tales objeciones pueden ser coherentes en algunos casos. Sin embargo, es necesario que el profesional aprenda a discernir lo que realmente puede ser un impedimento para los problemas.

5.8 METODOLOGÍA PARA LA MEJORA CONTINUA EN LA CONSTRUCCIÓN

Muñoz (2020) propone una metodología que se basa en la revisión de fundamentos metodológicos que promueven una cultura de mejora inspirada en el Kaizen. Esta cultura se caracteriza por buscar la mejora continua de manera orgánica, involucrando a todos los trabajadores y asegurando que la mejora se integre en las actividades laborales habituales. La metodología se ha desarrollado

teniendo en cuenta los principios fundamentales inherentes al Kaizen y se enfoca en aplicar mejoras en los procesos de construcción.

De acuerdo con Muñoz (2020), el éxito de la implementación de esta metodología no solo depende de seguir los pasos, sino también de supervisar y promover el cumplimiento de los 10 comportamientos básicos necesarios para lograr la mejora continua.

Muñoz (2020) también señala que antes de llevar a cabo esta metodología, es importante considerar varios aspectos. Para una implementación efectiva, es necesario poner a disposición los recursos adecuados, garantizar el compromiso de los directivos, establecer un estándar para la implementación de mejoras y estar dispuestos a abrazar un cambio cultural. Es fundamental recompensar la aplicación del Kaizen, no solo a nivel económico, sino también mediante el reconocimiento de los trabajadores que contribuyen a las mejoras. Además, se debe fomentar y fortalecer la educación y formación de los trabajadores, permitiendo que sean ellos mismos agentes de mejora en el proceso.A continuación, se presenta el esquema general de la metodología planteada por Muñoz (2020):

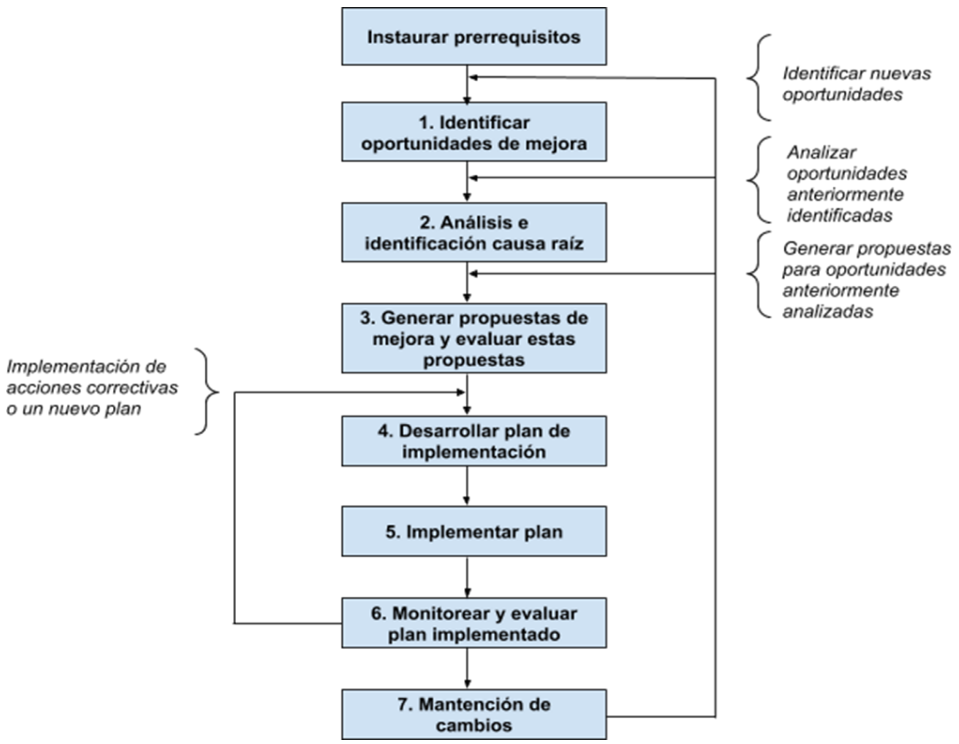


Figura N° 5.8: Esquema General de la Metodología de Mejora Continua

Fuente: Muñoz (2020)

Paso 0: Establecer/Asegurar los Requisitos Previos

Garantizar el respaldo de la administración: Para implementar con éxito la mejora continua, es fundamental contar con el apoyo real y formal de la administración. Esto implica definir los alcances del apoyo en términos económicos, procesos susceptibles de modificación y la disposición de la fuerza laboral. Todo esto es necesario para poner en marcha las estrategias requeridas en la implementación de Kaizen.

Mantener registros del estándar: La mejora no puede llevarse a cabo si no se dispone de un punto de referencia sobre el cual basarla. Incluso si se reconoce que el estándar actual tiene deficiencias, es necesario documentarlo.

Cambio cultural: Establecer una "cultura de mejora continua" implica un cambio cultural que comienza con la capacitación de todos los trabajadores en los conceptos de mejora continua y en las conductas y rutinas deseadas.

Paso 1: Identificación de Oportunidades de Mejora

Cuando no existe claridad acerca de las áreas que requieren mejoras en un procedimiento de construcción específico, se recomienda identificar procesos que tengan margen para mejorar. Para lograrlo, se utilizan los siguientes métodos:

Comparación del desempeño actual con el planificado: Se evalúan los procesos en función de la planificación y se buscan desviaciones con respecto al estándar.

Mapa de Flujo de Valor (VSM): Se sugiere la realización de un VSM que abarque todo el proceso constructivo a nivel macro y, específicamente, VSM para los procesos que presenten un rendimiento inferior al esperado en la comparación con la planificación. Es importante involucrar a los trabajadores y representantes de los subcontratos en la creación de un VSM que refleje fielmente la realidad.

Consulta a los trabajadores: La participación de los trabajadores en el proceso de mejora es fundamental. Se recopila su opinión acerca de las áreas de mejora y los puntos en los que se generan ineficiencias. Esto se realiza después de la capacitación inicial sobre mejora continua.

Aplicación de las 5S: Implementar las 5S ayuda a identificar áreas de mejora al mejorar la organización y el orden en los procesos. En construcción, se

recomienda aplicarlas en almacenes, cajas de herramientas y áreas de almacenamiento de materiales.

Paso 2: Análisis e Identificación de la Causa Raíz

Este análisis debe realizarse de lo general a lo específico. En los primeros ciclos de mejora, se investiga por qué se producen actividades no contributivas identificadas mediante el VSM macro en todo el proceso. Luego, en ciclos posteriores, se analizan las actividades no contributivas identificadas en los VSM de los procesos que no cumplen con el estándar.

Para llevar a cabo el análisis de causa raíz, se recomienda el uso de herramientas como los "5 porqués", el diagrama de espina de pescado y la lista de verificación 4M. Es importante prestar especial atención a los factores comunes que suelen incidir negativamente en los proyectos de construcción.

Si no se puede establecer una causa raíz, se sugiere llevar a cabo análisis adicionales.

Paso 3: Generar Propuestas de Mejora y Evaluarlas

Una vez identificado el proceso a optimizar o el desperdicio a eliminar, se procede a generar propuestas de mejora. Para ello, es esencial reunirse con representantes de cada frente de trabajo, incluyendo a las empresas subcontratistas.

A partir del VSM actual, se crea un VSM que representa la situación deseada y optimizada, reduciendo al mínimo las actividades que no agregan valor. También se ajusta la carta balance, disminuyendo los tiempos de espera. En algunos casos, se necesita una reorganización o una reconfiguración completa del proceso.

Paso 4: Desarrollar un Plan de Implementación

Se debe desarrollar un plan que considere los aspectos esenciales de la implementación. Se recomienda responder a las preguntas clave de los "5W2H": qué se va a hacer, quién es responsable, dónde se llevará a cabo, cuándo se controlará, por qué se hace, cómo se ejecutará y cuánto costará.

Es importante definir indicadores clave de desempeño (KPI) que se utilizarán para evaluar el progreso.

Paso 5: Implementar el Plan

La implementación del plan debe ir acompañada de una comunicación efectiva a todos los trabajadores involucrados. Es fundamental capacitar a las personas encargadas de la implementación y, cuando sea necesario, programar sesiones de capacitación. También se deben realizar reuniones regulares para explicar y aclarar cómo se llevarán a cabo las mejoras.

Paso 6: Monitorear y Evaluar el Plan Implementado

Es necesario supervisar la implementación y recopilar datos de producción. Se utilizan los indicadores definidos en la etapa de planificación para medir el progreso. En caso de problemas en la implementación, se deben abordar de inmediato y analizar sus causas.

El monitoreo continúa hasta que se estabilice la curva de aprendizaje, y la frecuencia depende de la magnitud de los cambios implementados.

Paso 7: Mantener los Cambios

Una vez satisfechos con los cambios implementados, es importante que se integren al estándar y a la documentación relevante. Los resultados se comunican a todo el personal, lo que fomenta la motivación y la búsqueda continua de oportunidades de mejora.

Además, se sugiere documentar las lecciones aprendidas y compartirlas para facilitar la mejora continua en futuros proyectos.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE METODOLOGÍA SISTEMATIZADA PARA LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se presenta la propuesta de metodología sistematizada para la gestión de producción de un proyecto de construcción, la propuesta esta basado en la opinión de 9 expertos (Ver Anexo D) y en la encuesta a 85 profesionales peruanos (Ver Anexo E); la propuesta integra los principios del modelo del Toyota Kata, los Eventos Kaizen Estructurados y un modelo de madurez de LC. El capítulo inicia con una descripción de la estructura general de la metodología propuesta, seguido por la interacción de los ciclos de mejora continua en la superación de los obstáculos, así como el detalle de los ciclos de mejora continua en un flujograma detallado paso a paso (ver Anexo K).

6.1 METODOLOGÍA PROPUESTA

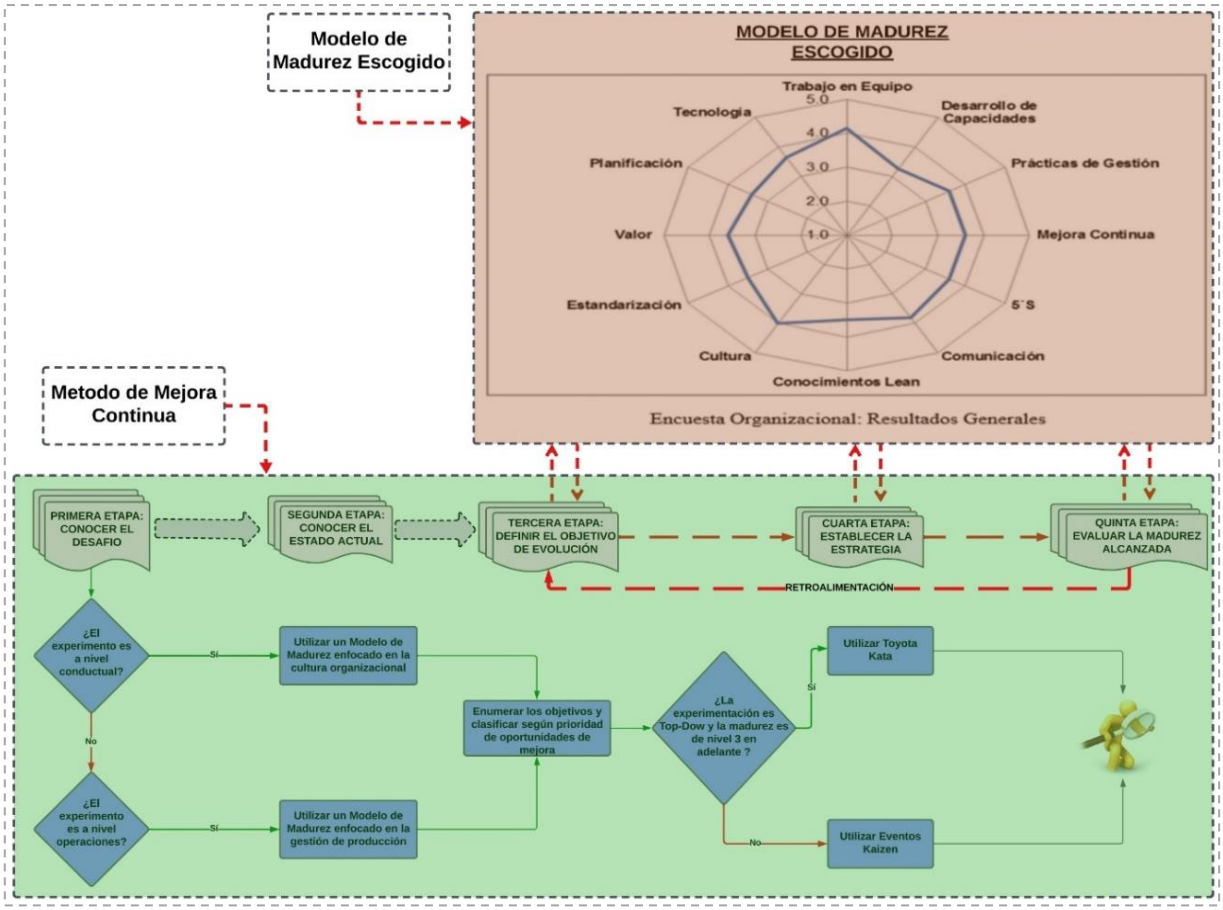


Figura N° 6.1: Esquema general del método propuesto

El sustento de esta propuesta de metodología se basa en los cinco pensamientos clave propuestos por William et al. (2018), el enfoque general está basado en las

Katas de mejora propuesto por Rother (2016), y los eventos Kaizen como esencia de desarrollo de mejoras secuenciales para solucionar problemas hasta llegar al objetivo propuesto (ver Figura N° 6.1).

Esta propuesta surgió a partir de una consulta a 9 expertos en seis países del mundo, para conocer las buenas prácticas utilizadas en gestión de la producción Lean en otras partes del mundo. Así también, una encuesta realizada a 85 profesionales en la industria de la construcción peruana, para identificar buenas prácticas locales. Además, se realizó una exhaustiva revisión de la literatura sobre modelos de madurez Lean y métodos de mejora continua utilizados en cualquiera de las industrias donde exista un sistema de producción. Esto permitió generar un ordenamiento, clasificación y análisis del conocimiento existente que se materializó en la metodología propuesta en este documento.

Es así, que esta investigación plantea una metodología sistematizada basado en generar rutinas de comportamiento en los gestores de la producción y en su equipo de trabajo. La metodología busca generar organizaciones de aprendizaje a través de la experiencia y la experimentación que forma parte regular de actividades diarias en el sistema de producción. De esta forma, la metodología propuesta permite crear capacidades de pensamiento científico, de equipo, que sean aplicables a cualquier objetivo que suponga un desafío. El pensamiento científico permitirá al equipo avanzar a través de territorios impredecibles, desconocidos y complejos, porque los hace más adaptables y creativos frente a la incertidumbre.

Los factores que guían las mejoras secuenciales de los procesos se introdujeron con base en la presentación de un modelo científico para la implementación de mejoras que se fundamentan en una secuencia de pasos que buscan identificar, analizar y solucionar problemas. Este enfoque es llamado el Mecanismo de Pensamiento Científico propuesto por Shingo (1987) y luego fue adaptado para el contexto de la construcción por Vivan (2016). Es así como el autor de esta investigación estructura una propuesta basada en los mencionados anteriormente, en Imai (1986) y Muñoz (2020) para las mejoras secuenciales (Eventos Kaizen Estructurados).

De esta forma comenzamos con la descripción de la metodología propuesta en esta investigación. Iniciamos con los tres pilares que soportan cualquier sistema de producción, estos son las 3P (Personas. Procesos, Productos), la propuesta de metodología considera que según la madurez de la empresa se podrá iniciar con un enfoque en personas, o en procesos, o en el producto que se le entrega al cliente. Es así, que la metodología propuesta engloba Procesos y Productos en la categoría de Manifestación Operativa, y Personas en Manifestación Conductual (ver Figura N° 6.2). Ahora bien, basado en la consulta realizada a los expertos consultados en esta investigación, se identificó otra categoría a manera de sugerencia que llamaremos Manifestación Estratégica, es esta a nivel de objetivos y metas organizacionales.

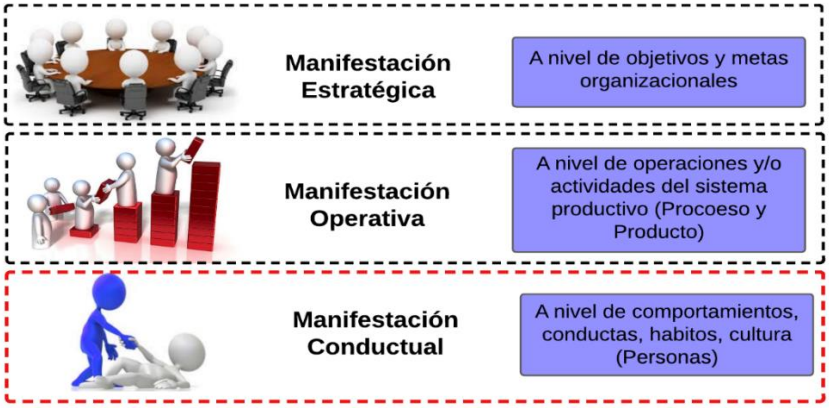


Figura N° 6.2: Tipos de Manifestaciones en el sistema de producción

Es así como basado en la consulta a los expertos, se puede inferir que iniciar un proceso de implementación de Lean Construction a un nivel de manifestación conductual es un trabajo a mediano o largo plazo, e inversión de recursos que no necesariamente una empresa está dispuesta a asumir cuando no hay una conciencia de los beneficios que trae Lean Construction al sistema productivo. Por esta razón, la metodología propuesta se enfocará en realizar una implementación parcial y focalizada en la manifestación operativa del sistema de producción, basado en los eventos Kaizen estructurados, siendo ese el aporte de esta investigación. Sin embargo, el autor de este documento añade en el esquema general de la metodología propuesta (Ver Anexo M), la posibilidad de iniciar una implementación parcial en la Manifestación Conductual de forma simultánea (ver Figura N° 6.1). Esta será basada en la propuesta de sistema de mejora continua planteado por Pérez (2021), donde realiza una adaptación completa del Método del Toyota Kata al contexto de la construcción (ver Figura N° 6.4).

El esquema general de la metodología propuesta se basa en la Kata de mejora propuesta por Rother (2016) en su libro. Estas cinco etapas que conforman el esquema general de la metodología, buscan generar rutinas estructuradas que se practican de forma deliberada, sobre todo al inicio, de modo que el equipo de trabajo adquiere patrones de conducta que se convertirán con el tiempo en comportamientos aprendidos, y estos mismos en hábitos para que posteriormente se desarrolle una cultura propia en cada organización.

De la misma forma que un sensei en las artes marciales enseña a los combatientes los patrones de movimientos fundamentales que deben utilizar en el combate. Esta metodología busca enseñar a los responsables del sistema de producción, como estos deben guiar el desarrollo de la madurez de un sistema de producción en una organización que busca mejorar continuamente.

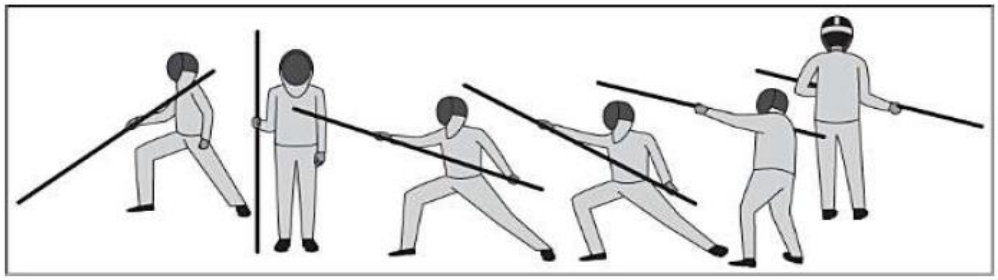


Figura N° 6.3: Patrones de movimientos fundamentales en artes marciales

Fuente: Rother (2018)

6.1.1 Primera Etapa: Conocer el Desafío

La primera etapa de esta metodología busca conocer el desafío que el equipo se propone, y en qué contexto se va a desarrollar. Es así como el desafío es una visión a corto o mediano plazo, que se puede lograr con la actividad cotidiana de trabajo y mejora. Siendo el desafío algo concreto, medible y cercano que ofrece una dirección con el que se puedan identificar los miembros de una organización.

Así también, es necesario conocer el contexto en el que se establecerá el desafío propuesto. Es así como el autor de este documento considera tres escenarios en donde se puede desarrollar el desafío, a nivel estratégico de la organización, o a nivel operacional, o a nivel de comportamientos de los miembros de la organización. Sin embargo, la metodología propuesta considerará que el enfoque estratégico de la organización se escapa del alcance de los responsables de la

gestión del sistema productivo. Por esta razón se considera que el desafío solo se dará a nivel conductual o a nivel operacional.

6.1.2 Segunda Etapa: Conocer el Estado Actual

La segunda etapa de la metodología propuesta busca conocer cuál es el estado actual en donde nos encontramos. En el mismo sentido, basado en la revisión de la literatura y en la consulta a expertos, se menciona a los modelos de madurez como una herramienta que permite establecer el punto de partida de una implementación o estado actual de la adopción de LC en el sistema de producción. Es así como investigadores y académicos han desarrollado herramientas de diagnóstico de la adopción de LC en las organizaciones. Sin embargo, algunos expertos mencionan que los modelos de madurez deben adaptarse o modificarse para proponer modelos ad-hoc a la experiencia de cada empresa. En ese mismo sentido, el autor de este documento en el capítulo V realizó un análisis de los modelos de madurez existentes en la literatura, y en base a una elección por ventajas competitivas (CBA) se seleccionaron los modelos de madurez que podrían utilizarse para el metodo propuesto en esta investigación, debido a las condiciones especiales que involucra el desarrollo de esta propuesta en obra.

6.1.3 Tercera Etapa: Definir el Objetivo de Evolución

La tercera etapa de la metodología propuesta busca establecer un objetivo para desarrollar la madurez en una dimensión, categoría o factor de madurez en particular, según considere el equipo de trabajo. Los responsables del sistema productivo deben asegurarse que los esfuerzos de las personas se focalicen en necesidades reales y no en las diversas ideas u opiniones acerca de lo que podemos hacer (Rother, 2009). Es así como los gestores de la producción deben plantearse objetivos de evolución reales y alcanzables, que deban estar basados en el estado actual y en dirección del desafío planteado.

6.1.4 Cuarta Etapa: Establecer la estrategia

La tercera etapa de la metodología propuesta busca establecer una estrategia de evolución, para alcanzar el objetivo propuesto. Esto basado en dos metodologías de mejora continua, una de ellas fue planteado por Pérez (2021), en donde propone un método para gestionar la madurez del Last Planner System (LPS)

basado en una adaptación del Toyota Kata al contexto de la construcción. El autor de este documento considera que, para el desarrollo de este método, necesariamente se debe tener un apoyo de la gerencia o de los cargos más altos en una organización. Esto debido a que se necesitan recursos de personal, espacios de tiempo y soporte organizacional para implementar de forma adecuada el método del Toyota kata. Además, para implementar el LPS en una organización se debe contar con un nivel de madurez de LC, donde se tengan por lo menos la conciencia de los principios o herramientas de LC. Basta mencionar que una implementación parcial de LPS requiere de conceptos de Push y Pull, lotes de producción, teoría de desperdicios, y la visión para identificar restricciones y liberarlas en el momento adecuado (Make Ready). A continuación, se muestra la propuesta de Pérez (2021):

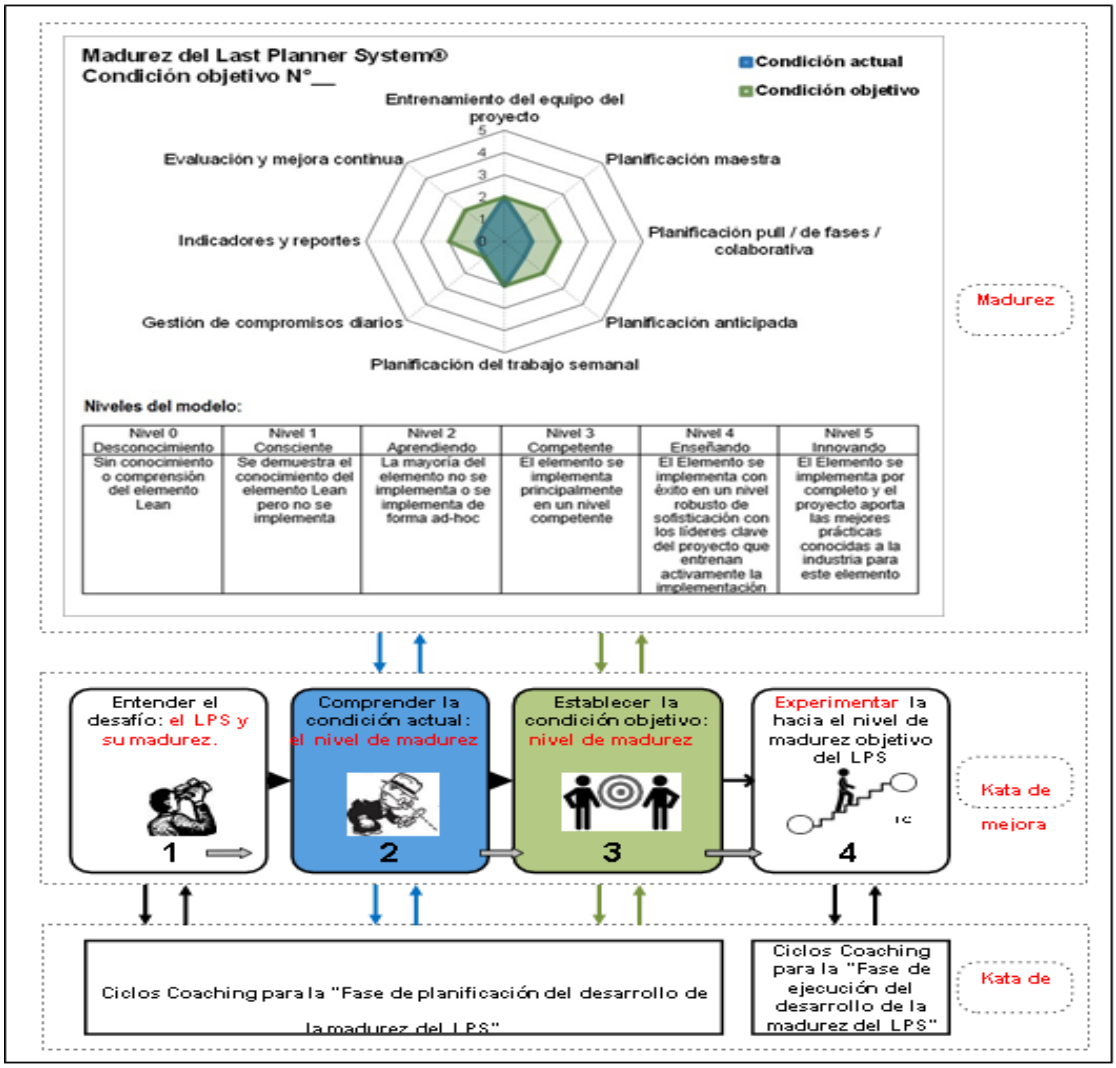


Figura N° 6.4: Método para gestionar la madurez del LPS

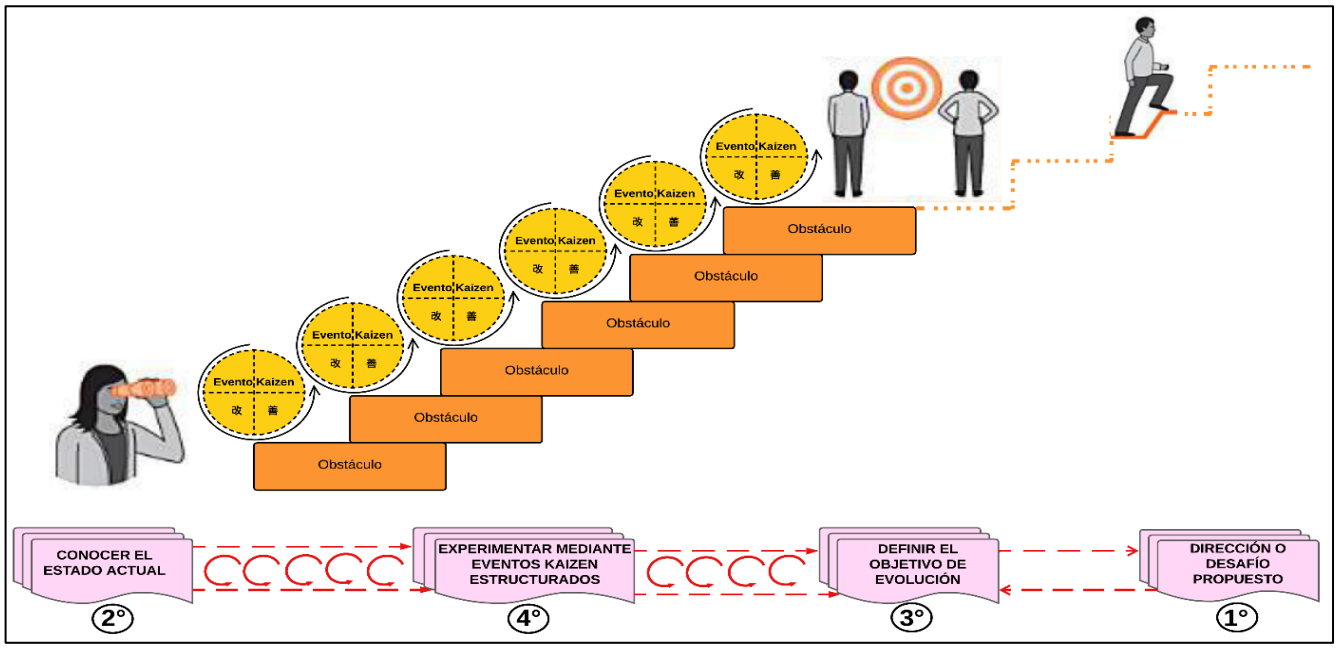
Fuente: Pérez (2021)

Por otro lado, la segunda metodología de mejora continua es una propuesta de esta investigación basado en Imai (1986), Shingo (2010), Vivan et al. (2016) y Muñoz (2020). De igual manera a las katas de Toyota descritas por Rother (2016); en la literatura se identifica otra técnica para mejorar continuamente. Estos son los Eventos Kaizen Estructurados difundidos por la cultura japonesa hacia el mundo. Kaizen es uno de los conceptos que sustentan el Sistema de Producción Toyota (TPS) y está muy relacionado con el modo de vida japonés, donde Kaizen busca integrar a todos los participantes e incentivarlos a tener iniciativa propia para la resolución de problemas, integración y disciplina (Vivan et al., 2016). Los eventos Kaizen a menudo se han implementado para acciones de mejoras específicas, realizadas con el apoyo de equipos multifuncionales centrados en mejorar un área de trabajo específica, objetivos predeterminados y plazos acelerados. En este contexto, en un corto período de tiempo (entre 3 y 5 días), los equipos involucrados en el evento kaizen centran su atención en la resolución de problemas mediante el uso de herramientas de bajo costo, para desarrollar e implementar mejoras en áreas específicas (Farris et al. 2008).

Singh & Singh (2012) consideran que el kaizen es una filosofía reactiva y que su implementación no requiere grandes inversiones. Los autores consideran que cuando una empresa desarrolla un kaizen, debe ser consciente de que esto significa centrar sus esfuerzos en una mejora significativa que se logrará. gradualmente y a largo plazo, pero con la ventaja de involucrar propuestas económicamente viables.

Entonces los eventos Kaizen son la esencia que promueve la propuesta realizada por el autor de este documento. Los eventos Kaizen son la estrategia utilizada cuando no necesariamente se tiene apoyo de la gerencia o jefaturas de la organización y cuando no se detecta conocimientos previos de los principios o herramientas lean. Debido a que no se necesita mayor inversión de recursos y se puede implementar de forma parcial desde pequeños frentes de trabajo sin que los trabajadores sepan que están adoptando una cultura de búsqueda y resolución de problemas basado en una estructura definida. Los eventos Kaizen están orientados a generar ciclos cortos de mejora continua superando los problemas u obstáculos que se identifiquen en el día a día en el equipo de trabajo. Es así como

la organización adquiere capacidades que se orientan hacia la evolución de estándares de trabajo. Los eventos Kaizen están conformados por 5 pasos que se



retroalimentan con la experimentación de los obstáculos superados (ver Figura N° 6.5).

Figura N° 6.5: Esquema general de superación de obstáculos

Cada Evento Kaizen está conformado por 5 pasos que permiten orientar la mejora en la dirección del desafío planteado (Ver Anexo K). A continuación, se detallan los cinco pasos:

Paso 1: Prerrequisitos y estado actual

En este paso los gestores de la producción analizan el estado de la madurez actual, considerando su división en partes o grupos de elementos, de modo que las complejidades de cada factor, o atributo, o dimensión de la madurez. Se reduzca a elementos más manejables, en donde se puedan identificar oportunidades de mejora y se pueda priorizar los objetivos de evolución. Este paso permite concentrar los esfuerzos en una misma dirección que se encuentra alineado al desafío propuesto.

Paso 2: Identificación del problema

Shingo (2010) cree que una mejora o el desarrollo de un Kaizen debe tener lugar solo después de que los involucrados hayan adquirido una comprensión profunda del problema identificado. Es por esta razón que en esta etapa se insertaron técnicas como las 5s´, VSM, LOB y la consulta a trabajadores en el lugar de la producción (Gemba). Con el fin de identificar, listar y clasificar los problemas observados, al mismo tiempo encontrar una correlación con los 8 desperdicios de la producción lean. De esta forma se logra una comprensión profunda de los problemas encontrados en sistema de producción.

Paso 3: Explorando el problema

Este paso se basa en realizar un análisis de causa raíz de los problemas identificados según orden de prioridad, se busca categorizar la causa de los problemas. Así como menciona Shingo (2010), la ciencia se ocupa de la clasificación sistemática del conocimiento existente. Este paradigma se puede aplicar para la resolución rápida y precisa de problemas con el objetivo de eliminar las ambigüedades. Además, al clasificar la causa de los problemas y clasificarlos, se puede definir la dirección en la que se guiaran las mejoras propuestas.

Paso 4: Generación de propuestas de mejora

El inicio del desarrollo de las propuestas para la evolución del sistema productivo debe contemplar tanto el enfoque científico como el enfoque creativo. Vivan (2016) considera que las mejoras se originan a partir de la flexibilidad mental, con el criterio de que existen múltiples caminos hacia un mismo objetivo. De esta manera, el modelo ha contemplado tanto la ciencia como la creatividad para el desarrollo de mejoras. Es así que primero se debe desarrollar el enfoque creativo, la lluvia de ideas es una técnica adecuada para generar ideas innovadoras en un entorno sin ningún condicional de por medio. En este sentido, Shingo (2010) aprecia cuatro principios: no criticar ninguna idea, obedecer ideas inusuales, generar la máxima cantidad posible de ideas y asociar las ideas. Ahora bien, respecto al enfoque científico Rother (2018) menciona que se basa en una profunda curiosidad sobre el mundo que nunca entenderemos del todo, pero podríamos entender un poco mejor dando pequeños pasos cada vez. Para Rother (2018) el pensamiento científico se puede emplear en toda su organización para ayudarle a alcanzar toda clase de objetivos que supongan desafíos, avanzando

desde aquí hasta allí a lo largo de rutas impredecibles. Respecto al tamiz del enfoque científico en la generación de ideas en el enfoque creativo, la aplicación de la ciencia garantiza que estas deban ser detalladas, cuantificadas y categorizadas con el fin de evitar ambigüedades y, además, filtrar las ideas de lluvia de ideas que no cumplan con los criterios científicos y las técnicas o tecnologías. que se están utilizando en el sistema productivo.

Según Vivan (2016), el diseño de la propuesta no es, necesariamente, algo que deba requerir un gran intervalo de tiempo dedicado por los profesionales, ya que el objetivo es implementar cambios incrementales en el sistema. De esta manera, el enfoque científico debería filtrar las propuestas de desglose, a menos que sean realmente necesarias para el sistema, dejando a los profesionales el discernimiento relativo a las necesidades reales de la empresa.

Una vez desarrollada las propuestas de mejora, estas deben pasar por 3 preguntas que permiten la aceptación parcial de las propuestas de mejora. Así siendo la propuesta aceptada por todos los filtros y aceptada por todos los gestores de la producción involucrados en la mejora, se da el siguiente paso.

Paso 5: Viabilidad de la Implementación

Según Vivan (2016), esta etapa tiene como objetivo definir los parámetros que conformarán la implementación de las mejoras. Para lograrlo, se crea un VSM que representa el estado futuro con las propuestas de mejora desarrolladas en el paso 3. Además, es esencial establecer indicadores (tales como productividad, uso eficiente de recursos, ratios, entre otros) que permitirán describir el estado actual, supervisar el proceso y evaluar si las soluciones logran los beneficios esperados.

Vivan (2016) continúa señalando que el modelo guía a los profesionales en la elaboración de un plan de implementación de las propuestas. Este plan debe detallar aspectos clave, como las actividades a realizar, la metodología a emplear, las responsabilidades para supervisar y llevar a cabo las actividades, y las fechas previstas para verificar y evaluar el proceso. En última instancia, el modelo facilita la ejecución de los planes definidos y el control constante del proceso, asegurando que las mejoras se comprendan y mantengan con el paso del tiempo. Además, se busca documentar las lecciones aprendidas e identificar un nuevo evento kaizen para la mejora continua del sistema productivo. El paso 4 depende en gran

medida de la disposición y el interés de los gestores de la producción en aplicar lo que se desarrolló en el paso 3. El desarrollo del evento Kaizen estructurado no implica, altas inversiones, porque la mejora se enfrenta directamente a la resolución del problema identificado y no se implementa si no es aprobada por los tamices técnicos y financieros de la organización.

6.1.5 Quinta Etapa: Evaluar la Madurez Alcanzada

La quinta etapa de la metodología propuesta busca conocer cuál es el nivel de madurez alcanzado luego de haber desarrollado eventos Kaizen estructurados en dirección al objetivo propuesto. Esta evaluación de la madurez se realizará con el mismo MM elegido en la segunda etapa del esquema general de la metodología propuesta (ver Figura N° 6.1). De esta forma se busca generar ciclos iterativos de evaluación de la madurez luego de desarrollar eventos Kaizen estructurados hacia un objetivo de evolución. Al evaluar la madurez alcanzada, los gestores de la producción pueden conocer los resultados del evento Kaizen y saber si estos esfuerzos realizados se mantienen en la misma dirección del desafío propuesto en la primera etapa.

6.2 CONSIDERACIONES BASICAS PARA LAS RUTINAS DE MEJORA CONTINUA

Para Muñoz (2020), la mejora continua tiene una serie comportamientos y rutinas que se deben practicar para impulsar cualquier metodología que busque generar Kaizen. Muñoz (2020) clasifica estos 10 comportamientos básicos en el siguiente listado.

Tabla N° 6.1: Comportamientos y rutinas básicas de mejora continua

Fuente: Muñoz (2020)

1. Durante el curso del trabajo diario, los empleados comparten un conjunto de valores culturales que refuerzan la mejora continua
2. Se realiza la captura y el despliegue del aprendizaje acumulado tanto por grupos como por individuos
3. El aprendizaje se basa en experiencias negativas y positivas de uno mismo y de otros
4. La efectividad del trabajo está presente a través de las fronteras, externas e internas, en todos los niveles
5. La participación proactiva en la mejora incremental es realizada por personas de toda la organización
6. El compromiso de participación y liderazgo en mejora continua es mostrado por los gerentes en todos los niveles

7. El apoyo y el refuerzo de los mecanismos y enfoques de mejora continua como los procedimientos, los sistemas y la estructura de las organizaciones se evalúan periódicamente
8. El desarrollo y monitoreo de mecanismos como el trabajo en equipo y la capacitación se utilizan para alentar la participación de los empleados en mejora continua
9. La actividad de mejora se prioriza junto con el enfoque en los objetivos y metas estratégicas de la organización por parte de los grupos individuales
10. Los empleados demuestran la comprensión y el conocimiento de los objetivos y metas de las empresas

CAPÍTULO VII: EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Con la finalidad de demostrar detalladamente el desarrollo de la aplicación del método propuesto en esta investigación (Capítulo VI), en este capitulo se describe la aplicación del método propuesto en un caso de estudio a nivel piloto. Esta aplicación fue realizada durante la ejecución de un proyecto de construcción, específicamente en el frente de trabajo de la construcción de calzaduras. El objetivo de este capítulo es describir detalladamente la aplicación del método propuesto, para que pueda ser replicado por cualquier persona que opte por su adopción.

7.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tiene el nombre de “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LAS FACILIDADES ACADÉMICAS, ADMINISTRATIVAS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA”, está ubicado en el distrito del Rímac, provincia y departamento de Lima.

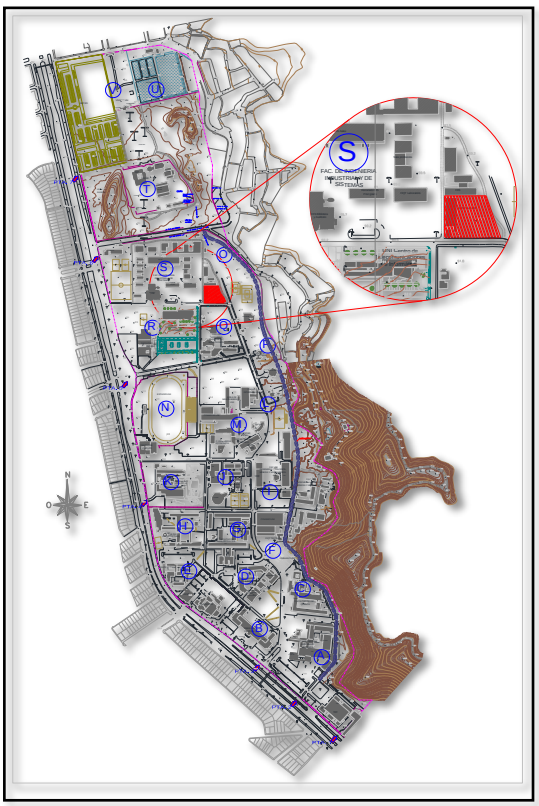


Figura N° 7.1: Ubicación del proyecto dentro del campus universitario

Fuente: Expediente Técnico

La Figura N° 7.1 muestra la ubicación del proyecto dentro de la Universidad Nacional de Ingeniería y la Figura N° 7.2 muestra el modelo 3D del proyecto terminado.

Figura N° 7.2: Vista de arquitectura en el modelo 3D

Fuente: Expediente Técnico

El área de terreno del proyecto es de 2,004.97 m2, donde está proyectado construir una edificación de 2 sótanos y 7 pisos. La modalidad de ejecución es por administración directa y con un presupuesto total de S/ 41,141,967.41 a la fecha de setiembre del 2022. Para el año 2023 se asignó en el plan operativo de la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI) un monto S/ 1,078,037.00, para los cuatro frentes de trabajo previsto a ejecutar en este periodo 2023. Estos cuatro frentes de trabajo son: demolición de la edificación existente, construcción de la calzadura, movimiento de tierras a nivel de terreno natural del sótano 1, construcción de cisterna de concreto armado.

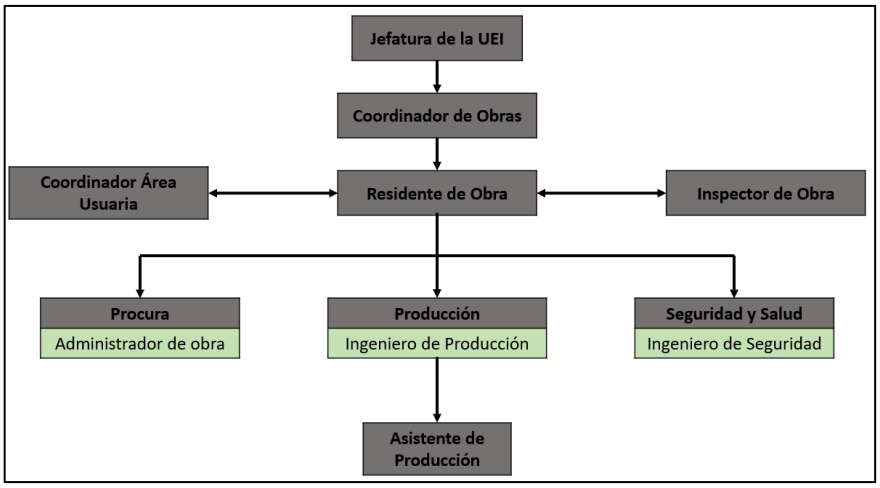


Figura N° 7.3: Organigrama del proyecto

El organigrama del proyecto está conformado según la Figura N° 7.3, donde el asistente de produccion, el maestro de obra y los principales oficiales de las cuadrillas están conformando el equipo de producción como últimos planificadores.

7.2 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA APLICACIÓN DEL METODO PROPUESTO

Previa a la adopción del método propuesto en esta investigación, el autor de este documento realizó visitas a la oficina técnica y recorridos a pie de obra. Con la finalidad de conocer cómo se venía desarrollando la ejecución de los diferentes frentes de trabajo. Se realizaron entrevistas con cada uno de los responsables del proyecto, para conocer cómo funciona la organización del proyecto y cuál es el criterio utilizado para gestionar el sistema de producción.

Después de realizar caminatas Gemba y explicar los beneficios de implementar Lean Construction en un proyecto de construcción. El residente y el inspector de obra tomaron la decisión de realizar una prueba piloto en un frente de trabajo del proyecto. Este frente de trabajo corresponde a la construcción de la calzadura, el cual es parte de la ruta crítica del programa de ejecución vigente. Debido a que su construcción es necesaria para realizar la excavación al nivel de fondo de cimentación. Una vez culminado la ejecución de las calzaduras, se puede dar apertura a nuevos frentes de trabajo en la construcción de la cimentación del proyecto.

Durante el proceso de observación en el proyecto, se comenzó a identificar las oportunidades de mejora y las buenas prácticas que podrían reforzarse en un proceso de implementación de Lean Construction. Al iniciar los recorridos en la obra, se encontró una ejecución del 80% de la calzadura en el primer anillo. Así también, las cuadrillas se encuentran dimensionadas y el control de la producción de la ejecución en los paños de calzaduras se encontraba retrasado respecto a lo programado.

Detalle Constructivo de los Paños de Calzadura

Las calzaduras están conformadas por 3 anillos de distintas alturas y en un mismo anillo son ejecutados por paños intercalados según la secuencia mostrada en la Figura N° 7.4. Además, las calzaduras son estructuras de sostenimiento de la edificación adyacente, por esta razón el proceso constructivo está acompañado de un control topográfico diario. Con el fin de evitar asentamientos, la excavación y el vaciado de cada paño de calzadura debe realizarse el mismo día. El encofrado de las calzaduras cubre todo el nicho (cavidad o hueco de calzadura), dejan solo en la parte superior una cachimba o embudo para la colocación del concreto. El concreto de ser realizado en obra, tiene una dosificación 1:8 (cemento-hormigón) con 30% de piedra mediana o canto rodado del propio terreno.

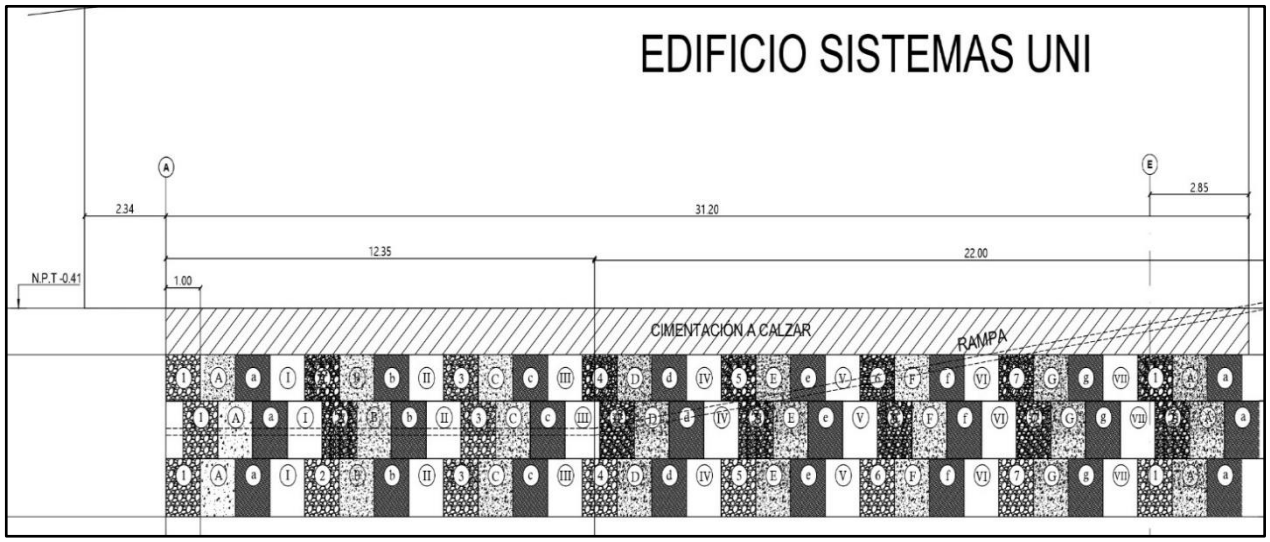


Figura N° 7.4: Detalle constructivo por paños de calzaduras

Fuente: Expediente Técnico

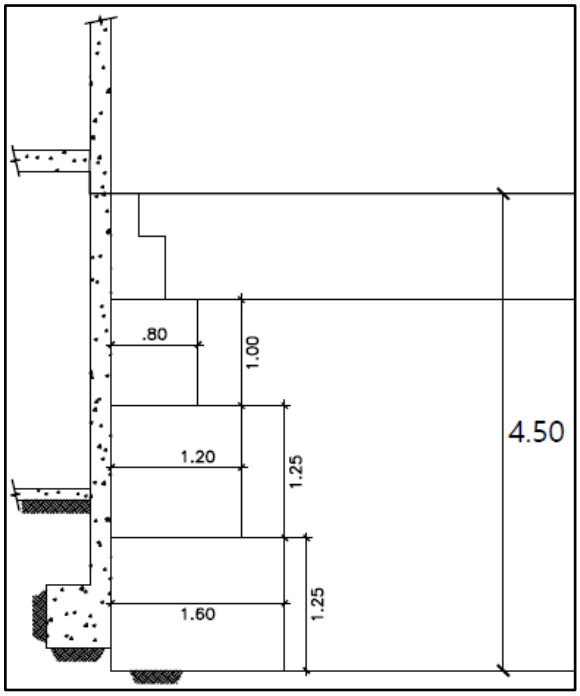


Figura N° 7.5: Corte de los tres anillos de calzadura

Fuente: Expediente Técnico

A continuación, se muestra un panel fotográfico donde se muestra el desarrollo de la obra previo a la aplicación del método propuesto. También las reuniones donde se presentó los planes y controles que utilizaban los responsables de la producción para gestionar la ejecución.

Figura N° 7.6: Proceso de excavación de nichos de calzaduras

Figura N° 7.7: Reunión con Residente de Obra

Figura N° 7.8: Encofrado y apuntalamiento de calzaduras

Figura N° 7.9: Reunión con el equipo de producción

Figura N° 7.10: Proceso de llenado de concreto hecho en obra, en los paños de calzaduras

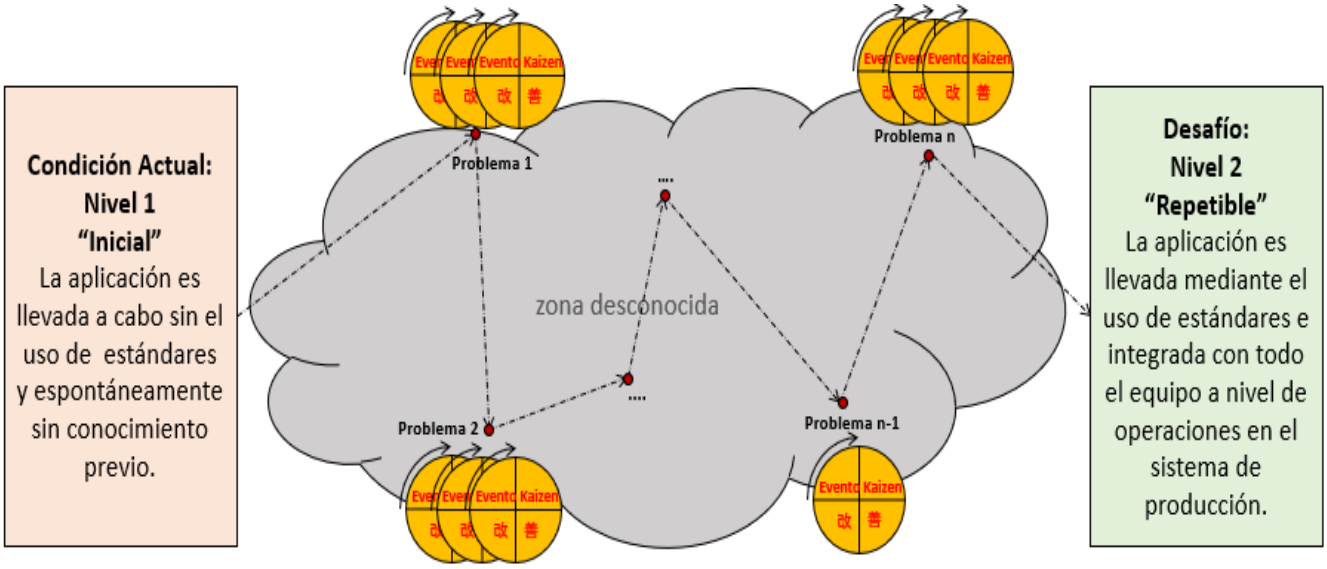
7.3 APLICACIÓN DEL METODO PROPUESTO

A continuación, se presenta la aplicación del método propuesto siguiendo el buen orden detallado en el esquema general de la metodología propuesta (Ver Anexo M). Se desarrollará detalladamente cada uno de los pasos y el evento Kaizen en cada uno de los casos.

7.3.1 Primera Etapa: Conocer el Desafío

El desafío propuesto se definió junto con el residente e inspector de obra, llegando a comprender que la implementación debe realizarse a un nivel donde pueda ser

controlado por los jefes inmediatos. En este caso para el proyecto, se consiguió el apoyo a nivel de los responsables directos de la obra. Basado en estas condiciones, el ámbito de aplicación donde debe desarrollarse este método es a nivel de la manifestación operativa. Es decir, a nivel de operaciones en el sistema



producción y superando los problemas u obstáculos que se presenten en el camino hacia el desafío propuesto.

Figura N° 7.11: Conocer la dirección o desafío para experimentar

Fuente: Elaboración Propia

7.3.2 Segunda Etapa: Conocer el Estado Actual

Para conocer la condición actual de madurez en el proyecto, el autor de este documento se reunió individualmente con el residente de obra, con el inspector de la obra y con los responsables de la producción en campo. Se revisaron los planes de trabajo y se observó el flujo de producción desde un lugar neutral donde se pueda apreciar los comportamientos y rutinas de los trabajadores de la obra. De esta forma se logró identificar cada una de las características que define los 35 atributos o variables observadas del MM (Ver ANEXO F). De esta forma se logró calcular los índices de madurez local de cada uno de los 7 factores de madurez (Ver Tabla N° 7.1) y a partir de ello se calcula el índice de madurez global del proyecto. Producto de la observación, entrevista e indagación se define la madurez actual del proyecto y se representa en un diagrama tipo tela de araña.

Tabla N° 7.1 Condición actual de la madurez

Factores de Madurez	Condición actual (Índice de madurez local)
Liderazgo Lean	1.1
Trabajo en Equipo	1.2
Mejoramiento del sistema de producción	1.4
Mejoramiento de la Producción	1.3
Compromiso de la Alta Dirección	1.0
Soporte Operativo a la Producción	1.6
Ambiente de Trabajo	1.2

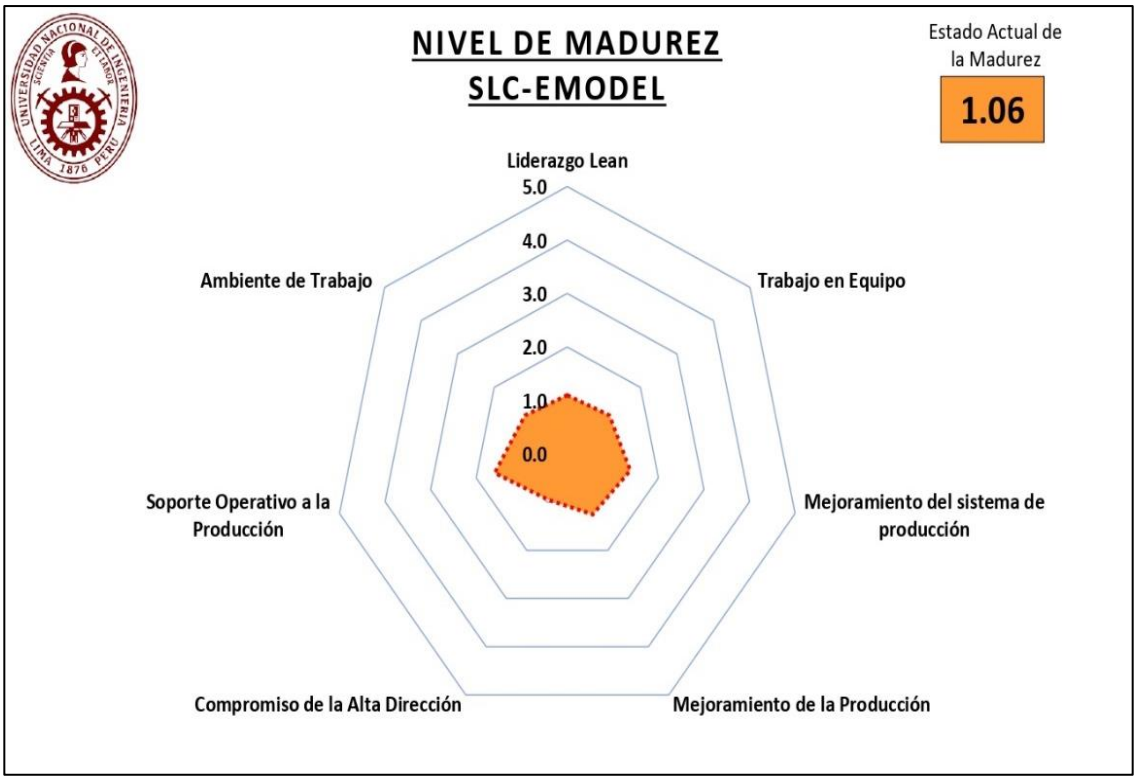


Figura N° 7.12: Condición actual de la madurez global

Para conocer la condición actual de madurez en el proyecto, el autor de este documento se reunió individualmente con el residente de obra, con el inspector de la obra y con los responsables de la producción en campo. Se revisaron los planes de trabajo y se observó el flujo de producción desde un lugar neutral donde se pueda apreciar los comportamientos y rutinas de los trabajadores en la obra.

7.3.3 Tercera Etapa: Comprender la condición objetivo

Para definir las condiciones objetivo que nos permitan llegar al desafío propuesto, debemos saber que el proyecto actualmente se encuentra en plena ejecución de aproximadamente el 80% de las calzaduras en el primer anillo y presenta un nivel de madurez global de 1.06 (Nivel Inicial). En la descomposición de la madurez actual (por factores de madurez) (ver Tabla N° 7.2) se puede identificar oportunidades de mejora, que el equipo de producción puede priorizar según la importancia y viabilidad en la adopción.

Tabla N° 7.2 Descomposición de la Madurez en Categorías y Factores

Categorías	Factores	Madurez
Personas	Liderazgo Lean	1.1
	Trabajo en Equipo	1.2
Sistema de Producción	Mejoramiento del sistema de producción	1.4
	Mejoramiento de la Producción	1.3
Soporte de la Organización a la Producción	Compromiso de la Alta Dirección	1.0
	Soporte Operativo a la Producción	1.6
	Ambiente de Trabajo	1.2

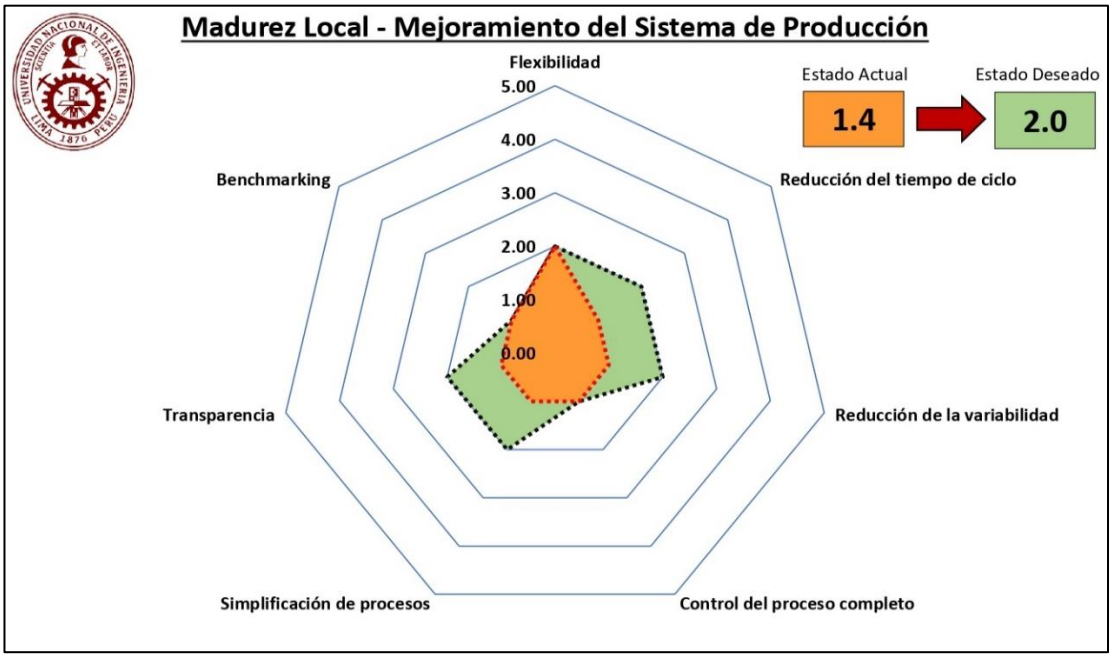


Figura N° 7.13: Condición actual y deseada de la madurez local – Mejoramiento del Sistema de Producción

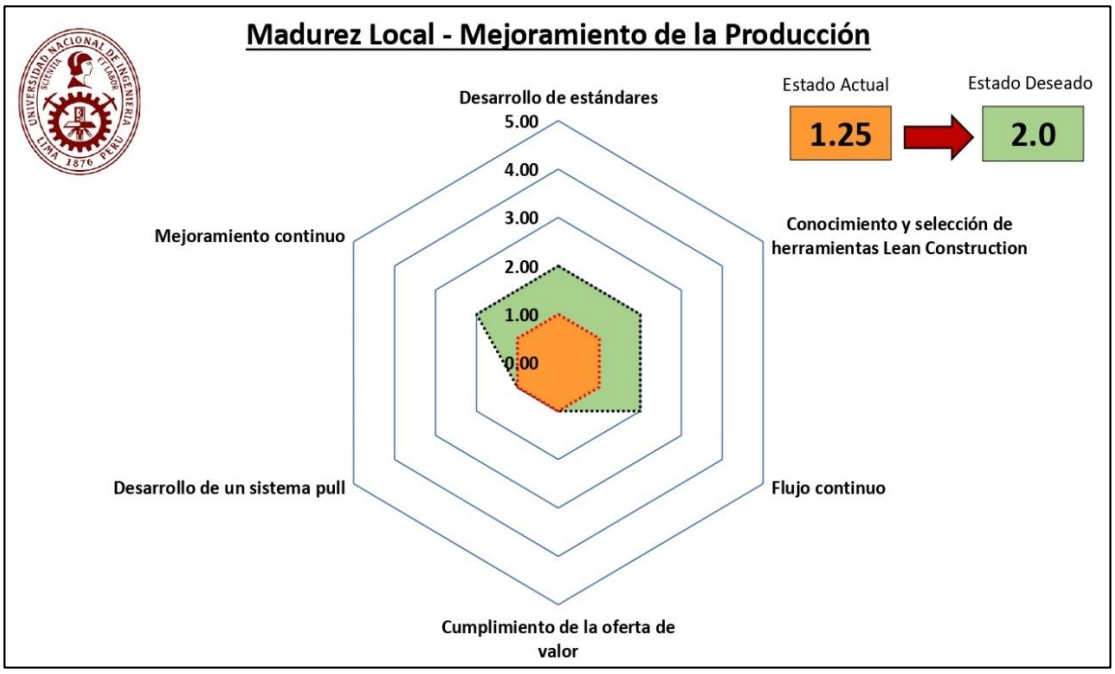


Figura N° 7.14: Condición actual y deseada de la madurez local – Mejoramiento de la Producción

- **Condiciones Objetivo para la madurez local - Mejoramiento del Sistema de Producción**

La madurez local está conformada por siete atributos de madurez, siendo estos los siete vértices de la Figura N° 7.13. Donde se puede identificar las oportunidades de mejora por dónde empezar un proceso de desarrollo de la madurez de LC.

7.3.3.1 Reducción del Tiempo del Ciclo

Inicialmente se planteó poner foco en el flujo y en el proceso, con el objetivo de optimizar el flujo de producción de paños de la calzadura. Teniendo en cuenta que el tiempo total de producción es la suma de los tiempos de duración de cada proceso y la suma de todas las esperas entre procesos. Así se busca mapear la cadena de producción proceso por proceso; y realizar el estudio del tiempo productivo en cada uno de los procesos. Así como las esperas entre procesos, de esta forma se podrá evaluar y plantear mejoras para reducir el tiempo total de

producción. Por tanto, se empezó con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende? Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

7.3.3.2 Reducción de la variabilidad

Se planea generar un habito en los responsables de la producción, con el fin de reducir la variabilidad que suele presentarse durante la ejecución del proyecto. Por tanto, se empezó con elaborar un formato estándar que permita identificar y liberar restricción en los 7 flujos evaluados en el make ready. Así como unas capacitaciones para el equipo, de esta forma se dan los lineamientos para una correcta adopción de esta herramienta. Todo esto con el objetivo de iniciar una actividad con todas las restricciones liberadas y así lograr una mayor confiabilidad en los planes de ejecución. Por tanto, se empezó con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende? Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

7.3.3.3 Simplificación de procesos

Se planea que el equipo de producción elabore un value string mapping (VSM) del estado actual en el sistema de producción y un VSM futuro con el objetivo de identificar los procesos que toman más tiempo (cuellos de botella). Para lograr la simplificación de procesos, el VSM es la herramienta que permite reformular el sistema de producción en un flujo de procesos más optimo. Todo ello deberá tener una evaluación en paralelo con indicadores; y reportes de los estudios de tiempos y movimientos del personal en obra. Todo esto con el objetivo de iterar el sistema de producción hasta llegar a uno que sea el más optimo en tiempo y costo. Por

tanto, se empezó con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende? Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

7.3.3.4 Transparencia

Por último, se planteó acondicionar una sala de planificación en un ambiente que se encuentre en la misma obra. Con la finalidad de plasmar los planes y decisiones tomadas con el equipo de producción, en paneles visuales que puedan ser de fácil entendimiento por cualquier persona. De esta forma se busca que el diseño del sistema de producción y las metas propuestas, sean observadas por todos los trabajadores. La idea de comunicar en paneles visuales los indicadores de desempeño y las lecciones aprendidas. Es para generar una adecuada gestión del conocimiento y así mejorar continuamente durante la ejecución. Por tanto, se empezó con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende? Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

- **Condiciones Objetivo para la madurez local - Mejoramiento de la Producción**

La madurez local está conformada por seis atributos de madurez, siendo estos los seis vértices de la Figura N° 7.14. Donde se puede identificar las oportunidades de mejora por dónde empezar un proceso de desarrollo de la madurez de LC.

7.3.3.5 Desarrollo de estándares

Inicialmente se planteó estandarizar la forma como debemos medir la eficiencia del sistema de producción. Se elaboraron protocolos de trabajo que ayudan a

mejorar la realización y medición de las actividades durante la ejecución. Teniendo en cuenta que, lo que no se puede definir, no se puede medir y por lo tanto no se puede optimizar. Así se elaboró progresivamente estándares para la aplicación de herramientas lean como: Make ready (identificación y liberación de restricciones), carta balance (estudio de tiempo y movimientos del personal de obra), mapeo de la cadena de valor y diagrama de ishikawa (análisis de causa raíz). Por tanto, se empezó con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende? Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

7.3.3.6 Conocimiento y selección de herramientas Lean Construction

Se planea incorporar progresivamente algunos hábitos y herramientas de la filosofía lean. Con el objetivo de generar una adopción inconsciente de estas buenas prácticas a los miembros del sistema de producción. Es así como se explicará y se desarrollará ciertas prácticas básicas de LC, mediante formatos simples y amigables que son de uso universal. Por tanto, se empezó con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende? Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

7.3.3.7 Flujo continuo

Se planea que el equipo de producción adquiera el comportamiento de identificar y liberar restricciones antes de realizar cualquier actividad. De esta forma se logra reducir la variabilidad en el sistema de producción, donde los planes se vuelven más confiables y predecibles. Lograr que el flujo no pare, es una consecuencia de reducir o predecir la variabilidad en el entorno de trabajo. Por tanto, se empezará con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende?. Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

7.3.3.8 Mejoramiento continuo

Por último, se busca inducir patrones de comportamiento en el personal de obra y en los responsables de la producción. A partir del desarrollo de los cuatro pasos del Kata de mejora y el uso eventos Kaizen para la superación de los problemas u obstáculos encontrados en el camino hacia mejora continua. La práctica diaria de estas rutinas y las mejoras secuenciales del Kaizen permiten que el equipo de trabajo avance en el desarrollo de su propia madurez lean. Por tanto, se empezará con la madurez nivel 1 (inicial) para evolucionar al nivel 2 (repetible).

Para evolucionar a la madurez objetivo, el equipo de producción identificará los obstáculos o problemas en el camino, y tendrán que explorar el problema hacia la causa raíz. Para responder las preguntas ¿Cuál es la acción planeada? ¿Qué se espera? ¿Qué se aprende?. Esto se repetirá tantas veces sea necesario para superar los problemas.

7.3.4 Cuarta Etapa: Establecer la estrategia

A partir de la dirección o desafío propuesto y establecido las condiciones actuales y objetivo, los ciclos del evento Kaizen se comenzaron a ejecutar de manera efectiva. Siguiendo el método propuesto, los registros del ciclo se presentan de acuerdo con las condiciones objetivo que se fueron definiendo en reuniones de evaluación de la madurez.

7.3.4.1 Condiciones objetivo para la madurez local – Mejoramiento del sistema de Producción

Los eventos Kaizen de los cuatro atributos de la madurez, se desarrollaron de manera simultánea y en la dirección al desafío propuesto. Estableciendo los pasos del Kaizen de forma experimental hacia la resolución de los problemas detectados en el sistema de producción de la obra. Algún de los experimentos se dieron en

ciclos con la finalidad de superar los problemas encontrados en el camino de la condición actual a la condición deseada.

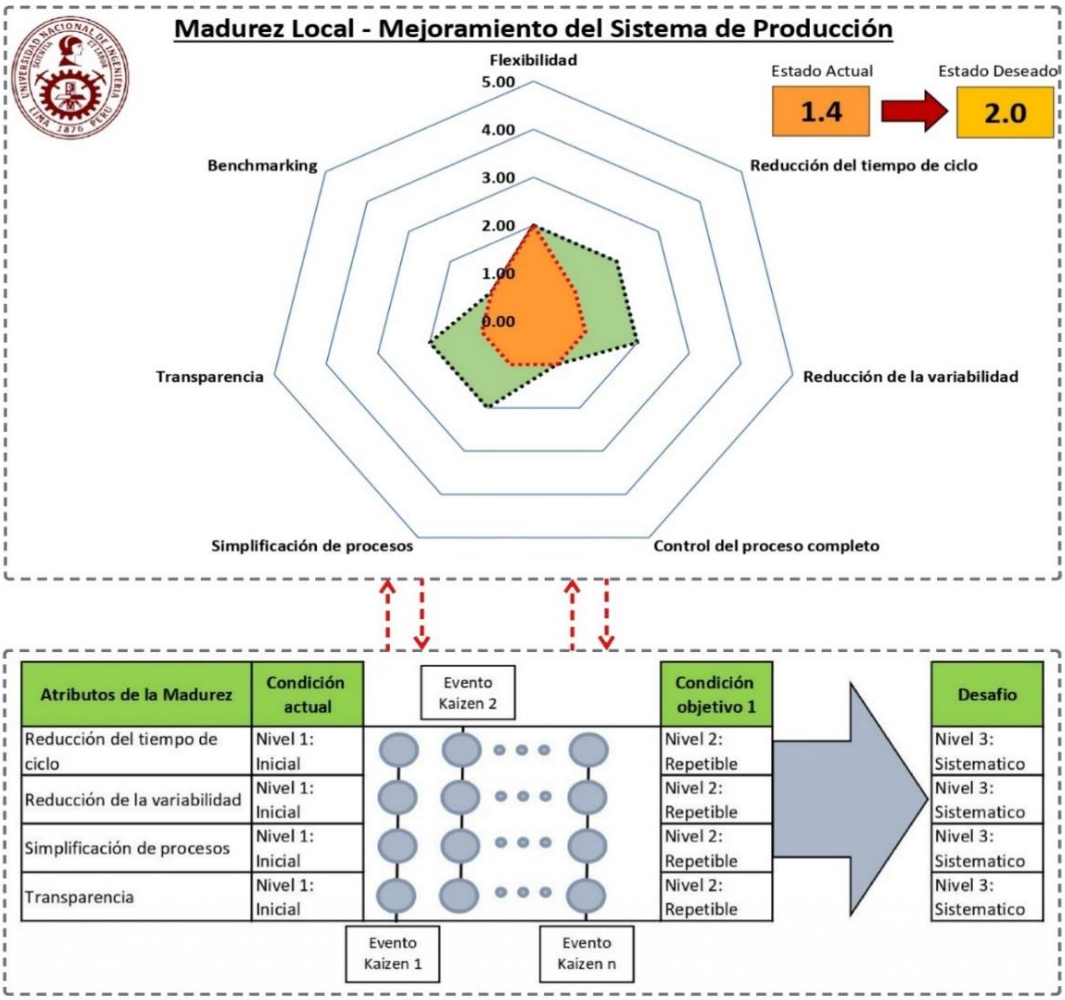


Figura N° 7.15: Ciclos de eventos Kaizen para desarrollar la madurez local – Mejoramiento del Sistema Producción

A continuación, se desarrollará los eventos Kaizen ejecutados para cada uno de los cuatro atributos del factor de madurez - Mejoramiento del sistema de producción.

- **Simplificación de Procesos**

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que el proceso de construcción de calzaduras es más largo de lo planificado. No se registran intentos por optimizar el flujo de procesos, no se evidencia el uso de indicadores del desempeño en los procesos de producción.

Para el primer evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que en el proceso constructivo hay transportes innecesarios en acarreo de maderas y andamios; también hay esperas prolongadas, hay retrabajos en el armado y desarmado de andamios para el vaciado de concreto. Siendo estas las razones principales que afectan el flujo de procesos.

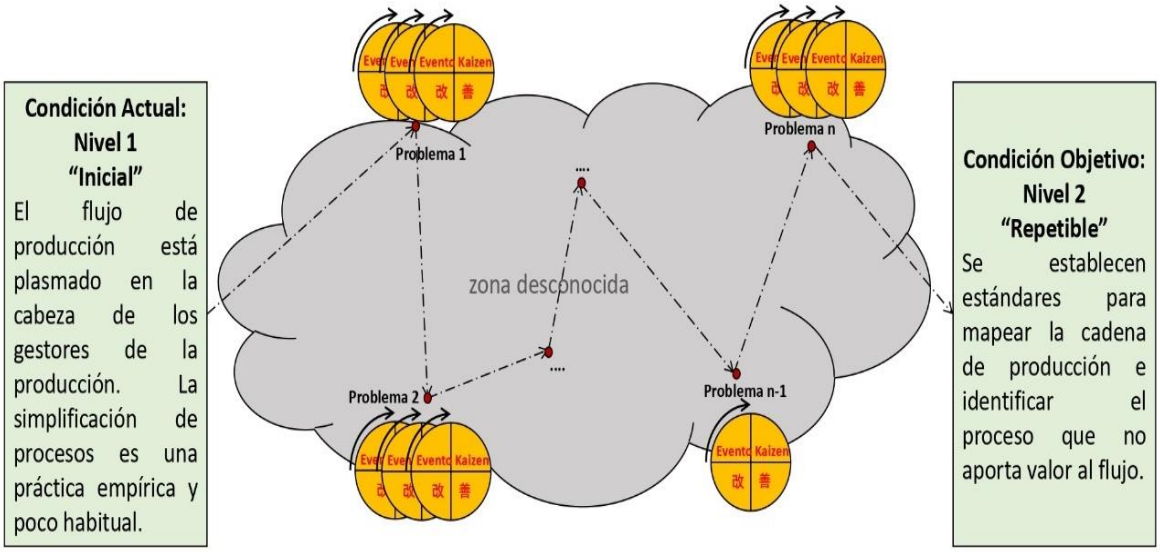


Figura N° 7.16: Experimentar mediante eventos Kaizen – Simplificación de procesos

Las acciones planeadas para superar el problema fueron los siguientes: 1) Se elaboran formatos para plasmar el flujo de procesos del sistema de producción, 2) Se elaboran formatos para el estudio de tiempos y movimientos del personal en cada uno de los procesos que conforman el ciclo de producción de la calzadura.

Lo que se espera es: 1) Identificar los desperdicios o procesos que no aportan valor al entregable final, 2) Se espera identificar los procesos que tienen mayor duración dentro del ciclo de producción y conocer la distribución del TP, TC, TNC. Respectivamente a cada una de las acciones planeadas para el evento Kaizen.

Lo que se hizo fue: 1) Se elaboró un Value String Mapping (VSM) actual y futuro para optimizar el tiempo del ciclo de producción, 2) Se elaboró una carta balance para la cuadrilla de construcción de calzaduras. Respectivamente a cada una de las acciones planeadas para el evento Kaizen.

Lo que se aprende fue: 1) Plasmar el flujo de procesos del sistema de producción (Proceso Constructivo de la Calzadura) ayuda a visualizar mejor las oportunidades de mejora. 2) Conocer la duración de las actividades que conforman un ciclo de

producción permite identificar oportunidades de mejora. Respectivamente a cada una de las acciones planeadas para el evento Kaizen.

Durante el evento Kaizen se logró reformular el proceso constructivo de calzaduras, eliminando las actividades innecesarias detectadas durante la ejecución del primer anillo. Es así como se inició la construcción del segundo anillo, con un rediseño de los procesos que involucran la construcción de los paños de calzaduras, optimizan el tiempo de ejecución diaria de calzaduras.

Tabla N° 7.3 Antes y después del evento Kaizen – Excavación de nichos

Antes del evento Kaizen: Se realizó un movimiento de tierras hasta el nivel de fondo del primer anillo, posteriormente se realizó la excavación de los nichos de paños de calzaduras de forma manual.	Después del evento Kaizen: Solo se realizaron excavaciones de zanjas, con la cuchara de la retroexcavadora, en los paños de calzaduras que se iban a ejecutar en cada jornada. Posteriormente el personal obrero realiza la excavación de los nichos.

Tabla N° 7.4 Antes y después del evento Kaizen – Encofrado de calzaduras

Antes del evento Kaizen: Se realizó el proceso de encofrado de paños de calzadura, el cual consistía en colocar paneles fenólicos, apuntalar los paneles con barrotes y caballetes alejados de la zona donde se construirá la rampa o pasarela, que permitirá el vaciado del concreto hecho en obra.	Después del evento Kaizen: Se realiza el proceso de encofrado de paños de calzadura, el cual consiste en colocar paneles fenólicos, apuntalar los paneles con barrotes y estacas.

Tabla N° 7.5 Antes y después del evento Kaizen – Encofrado vaciado de concreto

Antes del evento Kaizen: Se realizó el proceso de vaciado de concreto hecho en obra, el cual consiste en construir una rampa que permite realizar el vaciado de concreto por la parte superior del encofrado de la calzadura, mediante una cachimba en la parte superior. De esta forma el personal obrero traslada la mezcla por toda la rampa hasta llegar a las cachimbas de cada calzadura encofrada.	Después del evento Kaizen: Se realizó el proceso de vaciado de concreto hecho en obra, el cual consiste en colocar unos tablones por la parte superior del encofrado de la calzadura. Aprovechando que el terreno se encuentra por encima de los nichos. De esta forma el personal obrero traslada la mezcla hasta las cachimbas de cada calzadura.

- **Reducción de la variabilidad**

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que no se identifican, ni se liberan restricciones previo a la ejecución de una actividad. No hay noción del uso de Buffer´s que puedan amortiguar la variabilidad.

Para el evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que el flujo continuo de producción se ve interrumpido por no anticipar el mantenimiento de algunos equipos, por falta de adquisición de bienes y servicios, por falta de información, por movimiento o cambios inesperados del personal obrero.

La acción planeada para superar el problema fueron el siguiente: Se capacitará a los responsables de la producción y se desarrollarán formatos amigables para gestionar las restricciones en obra. Además, se explicará sobre el beneficio de los Buffer´s en el sistema productivo.

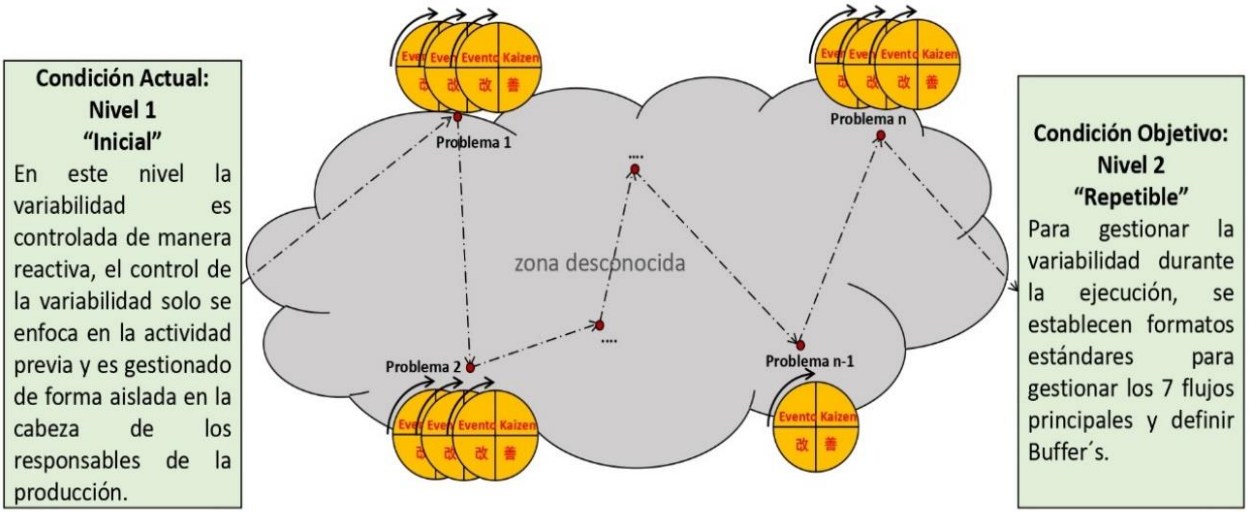
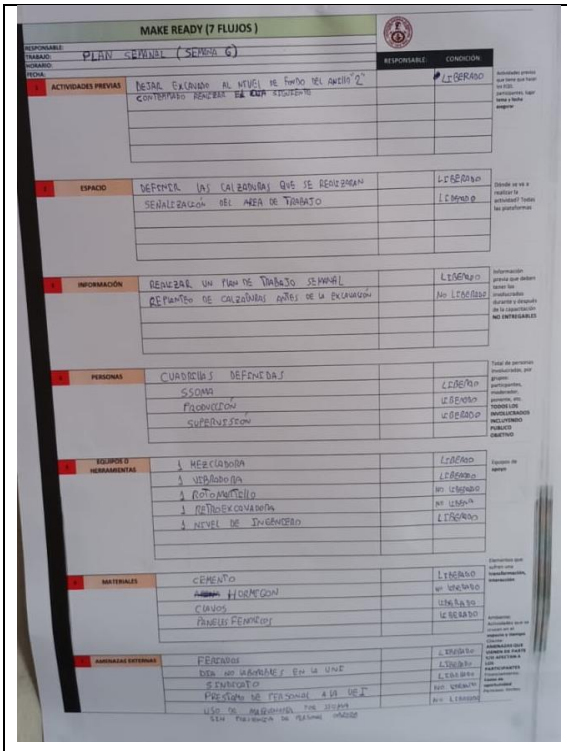
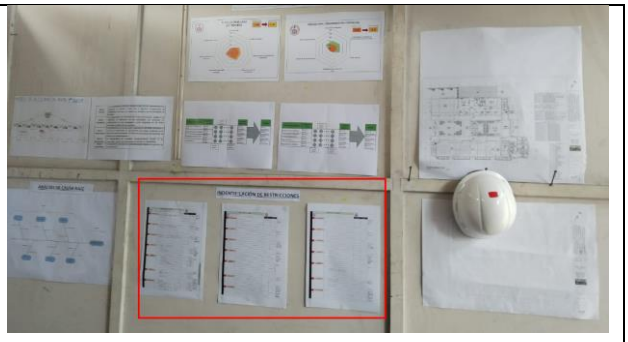


Figura N° 7.17: Experimentar mediante eventos Kaizen – Reducción de la variabilidad

Lo que se espera es: Tener mapeado mediante un listado o inventario de causa de no cumplimiento (CNC), también las restricciones no liberadas y cuantificar semana a semana el indicar PCR (% de complimiento de restricciones).

Tabla N° 7.6 Implementación del Make Ready en obra

<table>
<tr>
<td rowspan="2"> 
</td>
<td>  </td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">Capacitación al ingeniero de producción y al maestro de obra, sobre el uso del formato Make Ready (7 flujos) en sus actividades de planificación en la ejecución</td>
</tr>
</table>

Lo que se hizo fue: Realizar un Make Ready (Análisis de los 7 flujos) al inicio de cada semana. Además, se utilizó un buffer de capacidad en el sistema de producción.

Lo que se aprende fue: Que previo a la reunión colaborativa para elaborar el Make Ready, los involucrados deben contar con toda la información necesaria a su alcance y entrar a la reunión muy bien informados sobre cada una de las actividades que se desea liberar.

- **Reducción del tiempo de ciclo**

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que la duración y el control del ciclo de producción está dado por la experiencia del maestro de obra casi todas las actividades.

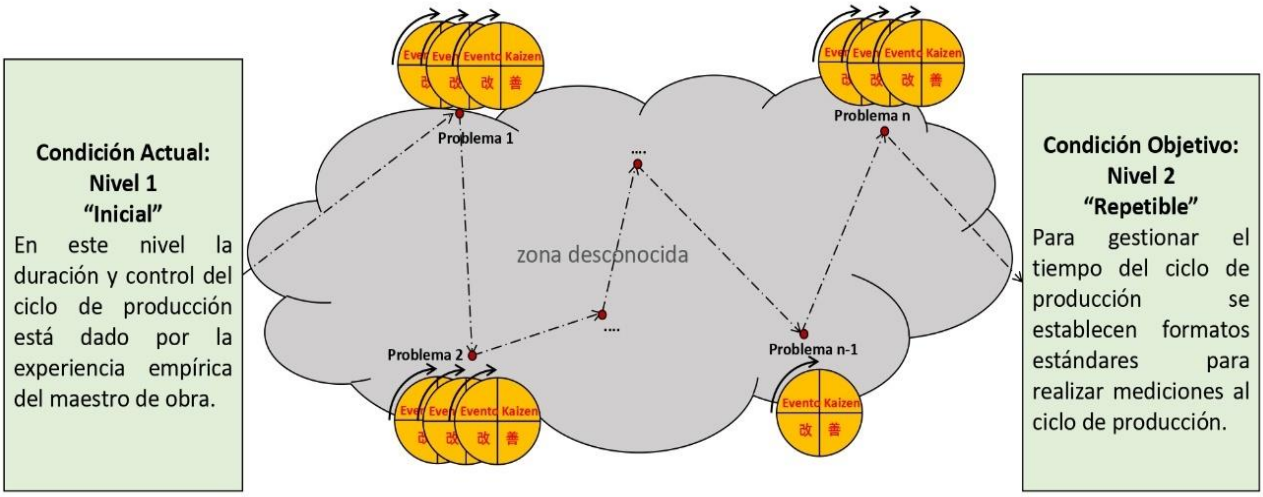


Figura N° 7.18: Experimentar mediante eventos Kaizen – Reducción del tiempo de ciclo

Para el evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, asumir que la experiencia del maestro de obra es suficiente para diseñar y estimar el flujo de procesos en la ejecución. Por lo tanto, no se monitorea y controla el tiempo del ciclo de producción para un mismo paquete de trabajo.

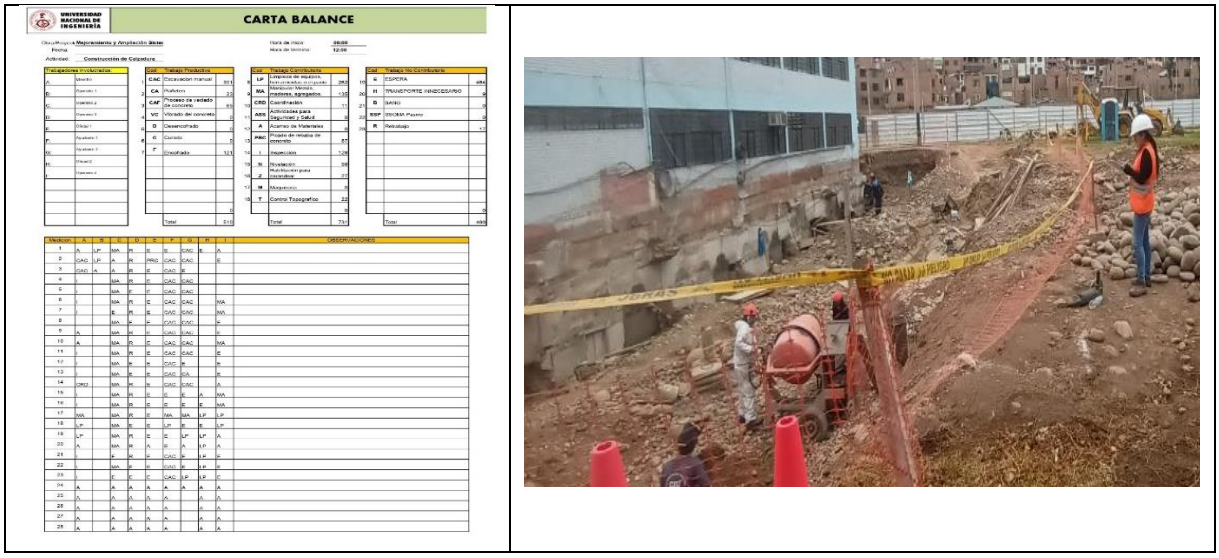
La acción planeada para superar el problema fue el siguiente: Se elaborarán formatos para el estudio de tiempos y movimientos del personal en cada uno de los procesos que conforman el ciclo de producción de calzaduras.

Lo que se espera es: Identificar los procesos que tienen mayor duración dentro del ciclo de producción de calzaduras y conocer la distribución del TP, TC, TNC.

Lo que se hizo fue: Elaborar una carta balance para la cuadrilla de construcción de calzaduras y mapear el flujo de procesos.

Lo que se aprende fue: Cuando se cuantifica in situ la duración de las actividades que conforman el ciclo de producción, se permite identificar oportunidades de mejora. Para este caso se pudo optimizar el flujo de producción en obra.

Tabla N° 7.7 Elaboración de carta balance para la cuadrilla de construcción de calzaduras



- **Transparencia**

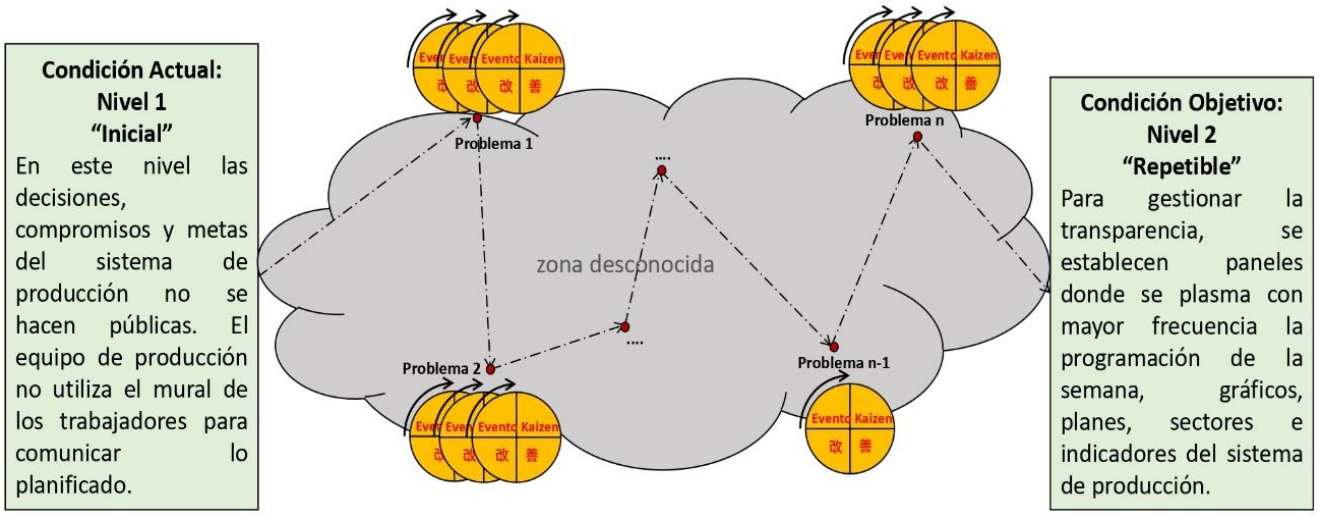


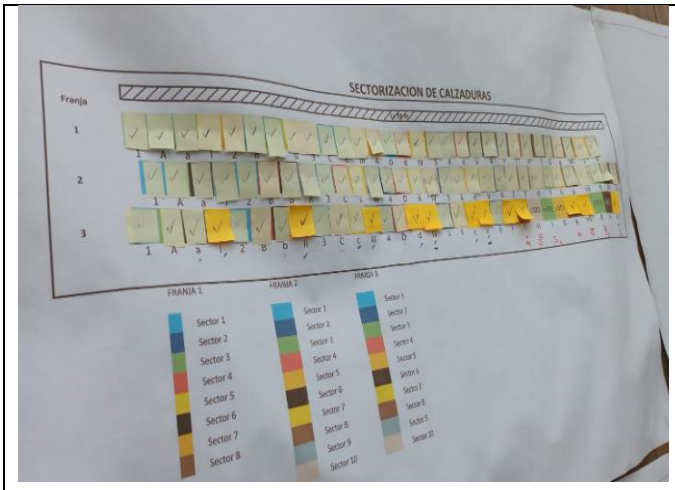
Figura N° 7.19: Experimentar mediante eventos Kaizen – Transparencia

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que las decisiones, compromisos y metas del sistema de producción no se hacen públicas. El equipo de producción no utiliza el mural de los trabajadores para comunicar lo planificado y las metas de la semana en este frente de trabajo.

Para el evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que no hay una adecuada gestión de las comunicaciones hacia la cuadrilla de trabajo. Por lo tanto, el personal de obra no está involucrado, ni enterado de las metas semanales.

La acción planeada para superar el problema fue el siguiente: Elaborar paneles visuales que permitan transmitir toda la información sobre la gestión de sistema de producción.

Tabla N° 7.8 Implementación de una sala de planificación en obra



Panel de monitoreo y control a la ejecución diaria a pie de obra

Implementación de la Big Room, para el planeamiento y programación durante la ejecución.

Lo que se espera es: Que todo el personal de obra pueda visualizar y aportar con opiniones en la resolución de problemas. La exhibición pública de la información sirve para involucrar a todo el personal en un mismo objetivo.

Lo que se hizo fue: Implementar una sala de planificación o Big Room, donde se generó los compromisos del equipo y se fortaleció la confianza a través de la entrega de promesas cumplidas por principales operarios.

Lo que se aprende fue: Que la sala de planificación permitió generar compromisos confiables entre los miembros del equipo de producción. La Gestión visual ayudó a incentivar la transferencia de información hacia los trabajadores.

7.3.4.2 Condiciones objetivo para la madurez local – Mejoramiento de la Producción

Los eventos Kaizen de los cuatro atributos de la madurez, se desarrollaron de manera simultánea y en la dirección al desafío propuesto. Estableciendo los pasos del Kaizen de forma experimental hacia la resolución de los problemas detectados en el sistema de producción de la obra. Alguno de los experimentos se dio simultáneamente con la finalidad de superar los problemas encontrados en el camino de la condición actual a la condición deseada.

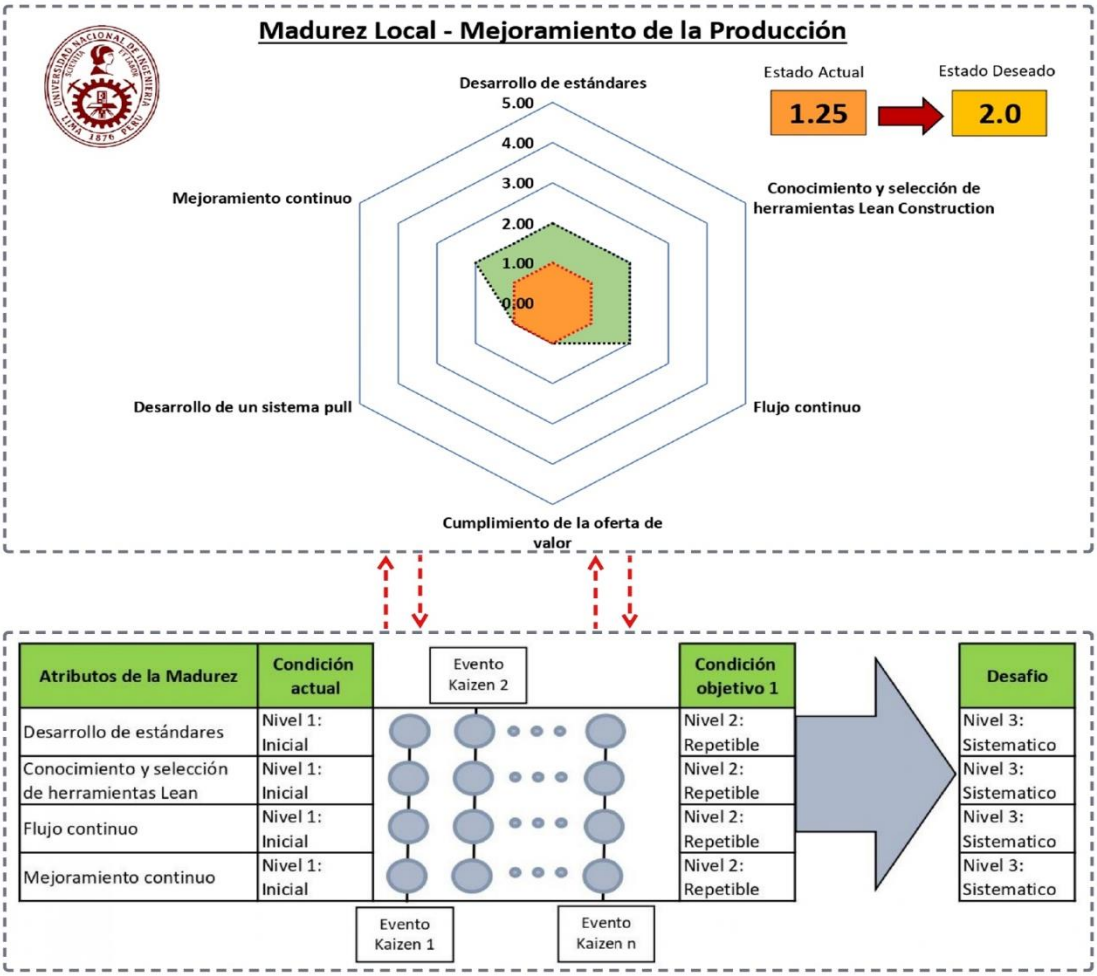


Figura N° 7.20: Ciclos de eventos Kaizen para desarrollar la madurez local – Mejoramiento de la Producción

A continuación, se desarrollará los eventos Kaizen ejecutados para cada uno de los cuatro atributos del factor de madurez - Mejoramiento del sistema de producción.

- **Desarrollo de estándares**

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que los trabajos son desarrollados sin el control de estándares o manuales que ayuden a comprender mejor el procedimiento de trabajo.

Para el evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que no se cuenta con protocolos de trabajo que ayuden a mejorar la ejecución y medición de las actividades del sistema de producción de calzaduras.

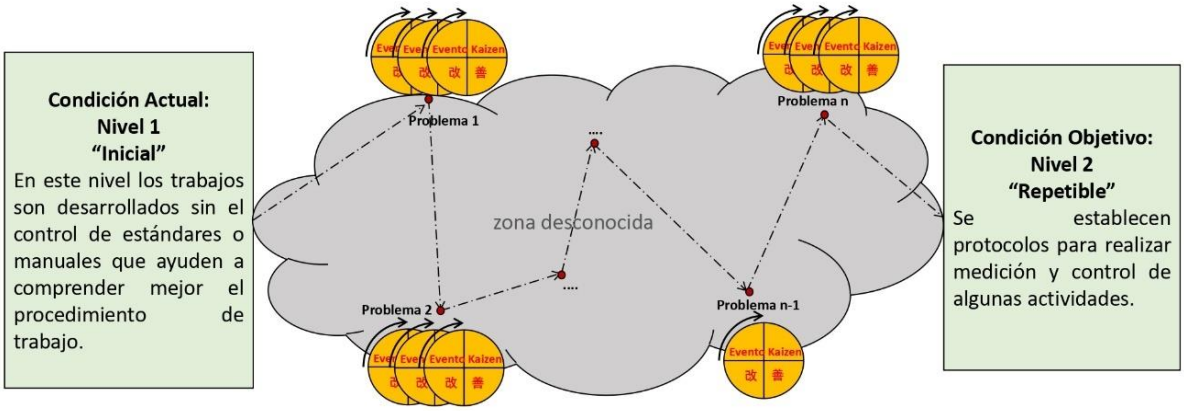
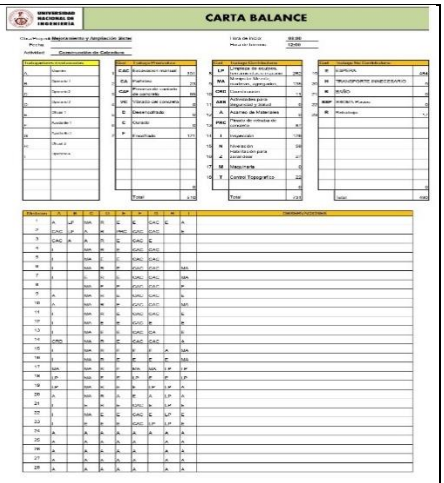


Figura N° 7.21: Experimentar mediante eventos Kaizen – Desarrollo de estándares

La acción planeada para superar el problema fue el siguiente: Se elaboran formatos para el estudio de tiempos y movimientos del personal en cada uno de los procesos que conforma el ciclo de producción de la calzadura.

Tabla N° 7.9 Implementación de una sala de planificación en obra

	
Se elaboró formatos para Make Ready, diagrama de ishikawa y value string mapping	Se elaboró un formato para la realización de cartas balance

Lo que se espera es: Que los protocolos de trabajo ayuden a gestionar mejor el sistema de producción de calzaduras.

Lo que se hizo fue: Se elaboró formatos para identificación y liberación de restricciones, formatos para carta balance, formato para VSM y ordenes de trabajo.

Lo que se aprende fue: El desarrollo de estándares permitió facilitar la gestión del sistema de producción.

- **Conocimiento y selección de herramientas Lean Construction**

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que los responsables de la producción se encontraban sin conocimiento especifico o intento por utilizar herramientas de LC en la ejecución de actividades del sistema de producción de calzaduras.

Para el evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que casi la totalidad del personal y equipo técnico de la obra desconoce sobre LC. Por lo tanto, la forma de gestionar el trabajo es de manera tradicional.

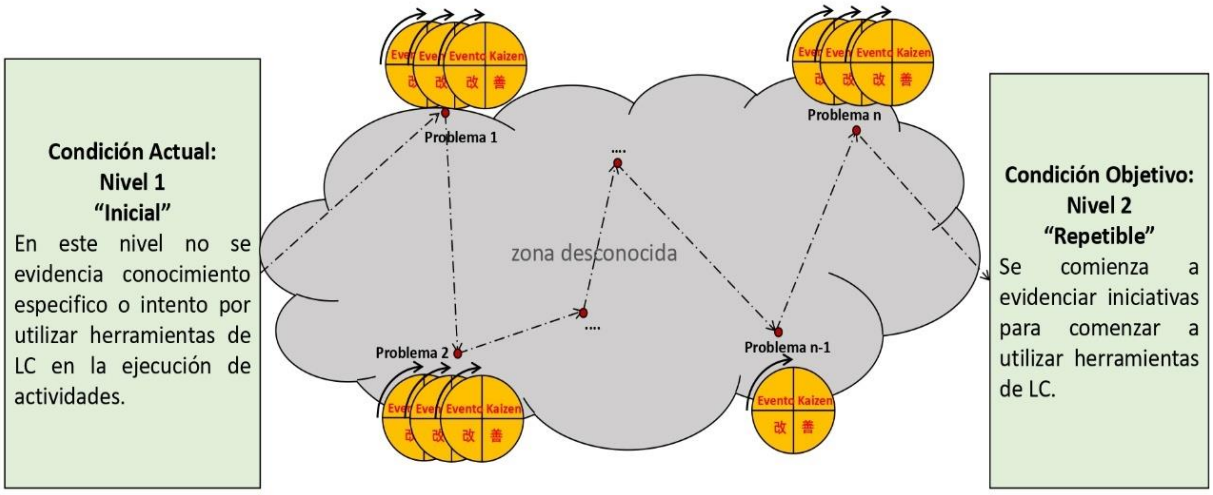


Figura N° 7.22: Experimentar mediante eventos Kaizen – Conocimiento y selección de herramientas de LC

La acción planeada para superar el problema fue el siguiente: Impulsar una adopción de herramientas de LC de manera gradual a nivel de operaciones en el sistema de producción (manifestación operativa).

Lo que se espera es: Que el aprendizaje de LC, en las etapas iniciales, se desarrolle mediante la práctica del día a día en los encargados del sistema de producción. Mediante un aprendizaje inconsciente y progresivo, para evitar la resistencia al cambio.

Lo que se hizo fue: Se explicaron y se desarrollaron ciertas prácticas básicas de LC. Mediante formatos simples y amigables para que cualquier persona pueda utilizar.

Lo que se aprende fue: Que en las organizaciones inmaduras y con resistencia al cambio. Se debe desarrollar una adopción de LC de manera indirecta en la gestión operativa. Los resultados obtenidos atraen la curiosidad de profundizar en el conocimiento de LC.

- **Flujo continuo**

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que el equipo de producción no se enfoca en mantener el flujo de producción continuo.

Para el evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que no se mapea ni se analiza el flujo de procesos en el sistema de producción de calzaduras. Tampoco de identifican y no se liberan restricciones con anticipación.

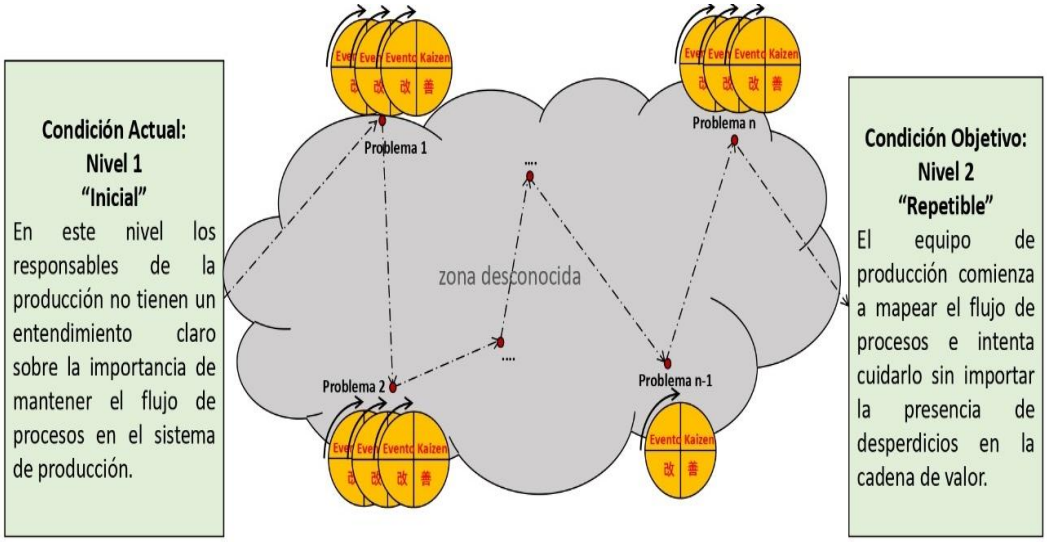


Figura N° 7.23: Experimentar mediante eventos Kaizen – Conocimiento y selección de herramientas de LC

La acción planeada para superar el problema fue el siguiente: Elaborar un mapeo de la cadena de producción para la construcción de calzaduras y elaborar un Make Ready previo al inicio de cada semana.

Lo que se espera es: Identificar y liberar todas las restricciones en los 7 flujos del Make Ready. Para eliminar la variabilidad que evita un flujo continuo de producción.

Lo que se hizo fue: Identificar y liberar las restricciones (Make Ready) semana a semana, antes de ejecutar los trabajos.

Lo que se aprende fue: Que los formatos de Make Ready permiten ordenar y ampliar el panorama de las posibles eventualidades que podrían detener el flujo de producción en la obra.

- **Mejoramiento continuo**

El problema identificado a superar para lograr madurar a un nivel 2 (Repetible), fue que no se evidencia un intento por buscar mejores formas de realizar los trabajos e intentar optimizar el flujo de producción.

Para el evento Kaizen, se exploró el problema hasta la causa raíz. El cual fue, que no hay una predisposición de querer invertir tiempo buscando mejores formas de

realizar el trabajo. La estructura organizacional de la obra ocasiona que el asistente de producción asuma varios roles.

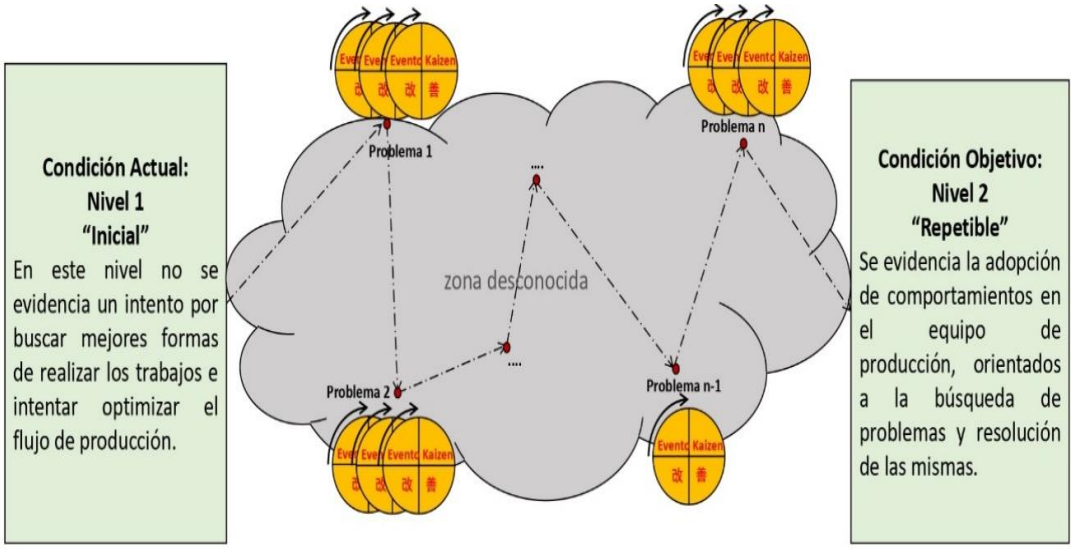


Figura N° 7.24: Experimentar mediante eventos Kaizen – Mejoramiento continuo

La acción planeada para superar el problema fue el siguiente: Se buscará impulsar de manera inconsciente el hábito de buscar problemas en el sistema de producción y resolverlos de forma proactiva.

Lo que se espera es: Que el equipo de producción adquiera patrones de conducta que se convertirán con el tiempo en comportamientos aprendidos, y estos mismos en hábitos.

Lo que se hizo fue: Realizar eventos Kaizen estructurados aplicado al frente de trabajo de la construcción de calzaduras.

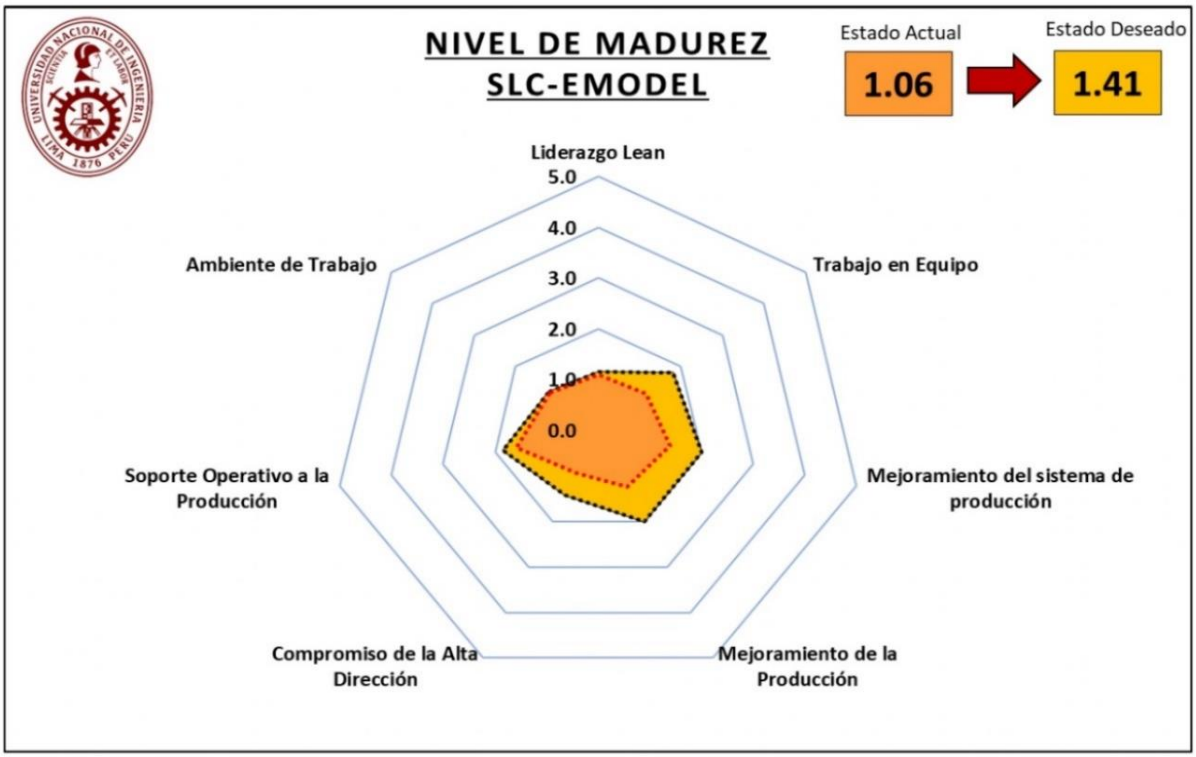
Lo que se aprende fue: Que la búsqueda de mejoras secuenciales en el sistema de producción se impulsa más, cuando hay un reconocimiento o incentivo de la mejora desarrollada.

Tabla N° 7.10 Implementación de una sala de planificación en obra

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Sala de planificación antes del Kaizen</td><td>Sala de planificación después del Kaizen</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="2">Vaciado de concreto hecho en obra antes del Kaizen</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Encofrado y armado de rampa antes del Kaizen</td><td>Vaciado de concreto durante el Kaizen</td></tr>
</table>

7.4 VALIDACIÓN DEL METODO PROPUESTO

A continuación, se muestra el impacto generado al desarrollo de la madurez del sistema de producción. Mediante la aplicación del método propuesto en el capítulo VI, en la Figura N° 7.25 se puede observar la madurez global obtenida luego de los ciclos de eventos Kaizen utilizados durante la prueba piloto.



Nivel 1 "Inicial"	Nivel 2 "Repetible"	Nivel 3 "Sistemático"	Nivel 4 "Gestionado"	Nivel 5 "Desafiado"
La caracteristca se identifica mediante aplicaciones espontáneas y ejecución es llevada a cabo sin el riguroso cumplimiento de estándares, por tanto, su impacto es limitado y su funcionalidad es variable.	La característica se evidencia con mayor frecuencia, debido a la aplicación de estándares en las actividades, sin embargo, su identificación es muy restringida y poco integrada en las áreas asociadas a la fase de construcción.	La caracteristica es ampliamente integrada en las áreas asociadas a la fase de construcción, lo que permite una mayor evidencia en la ejecución de las actividades, se promueve la captura de acciones de mejora en la implementación.	La caracteristica es evaluada constantemente acorde a su desempeño, siendo controlada para minimizar su variabilidad.	La característica es mejorada constantemente debido a la gestión de sus indicadores.

Figura N° 7.25: Madurez global alcanzada luego de la aplicación del método propuesto

Luego de culminar la aplicación de los eventos Kaizen, se realizó una nueva evaluación de la madurez actual. Encontrándose que los factores asociados al sistema de producción lograron alcanzar el nivel 2 (deseado), de forma global se logró madurar a un nivel 1.41. Consiguiendo el desafío propuesto en esta prueba piloto y validando la efectividad de este método a una pequeña escala como la aplicación en un frente de trabajo del proyecto FIIS.

CAPÍTULO VIII: RESULTADOS

Los datos fueron recopilados de forma diaria desde la primera semana de iniciar la ejecución del frente de trabajo “construcción de calzaduras” en el proyecto. Los datos presentados a continuación corresponden a los indicadores implementados e información obtenida durante las seis semanas donde se aplicó el método propuesto a nivel piloto. Primero se analizan los resultados respecto a la madurez global alcanzada, ya que en el capítulo anterior se detalló como se consiguió evolucionar los dos factores de madurez asociados al sistema de producción (Ver ANEXO G); después se continua con el análisis de los indicadores y herramientas implementadas durante los eventos Kaizen.

Finalmente, en base a los resultados de los capítulos IV, V, VI y VII se realizó una evaluación sobre el cumplimiento de los objetivos específicos y sobre la hipótesis principal en esta investigación, también se responde a la pregunta formulada en la problemática.

8.1 NIVEL DE MADUREZ GLOBAL

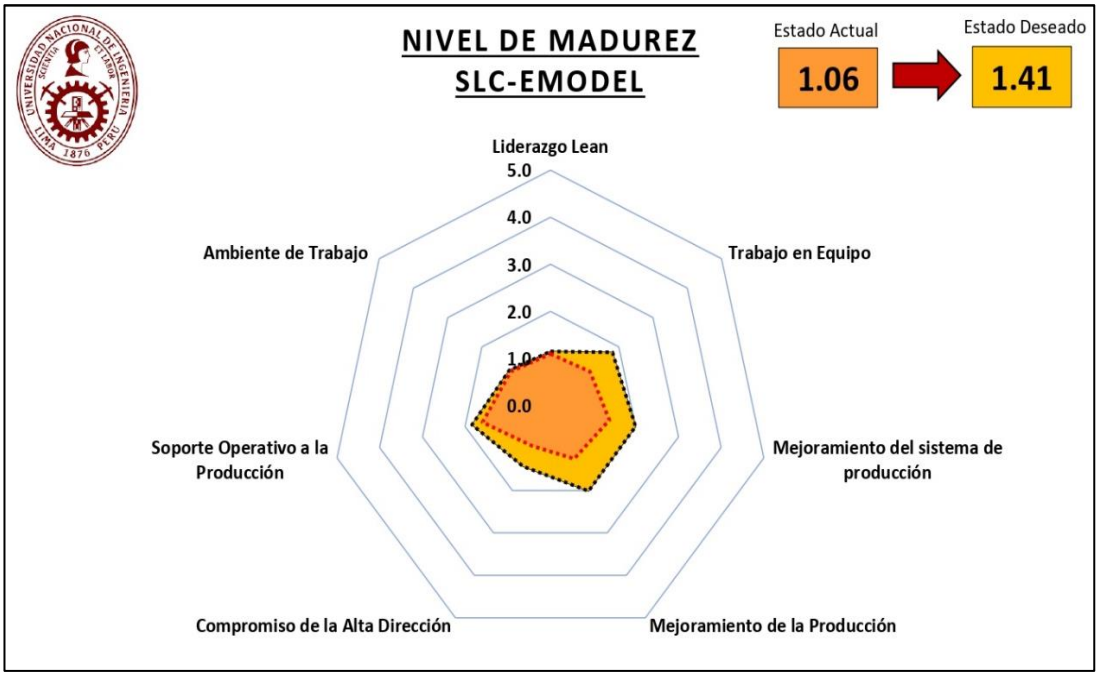


Figura N° 8.1: Madurez global antes y después de la aplicación del método

El nivel de madurez global fue medido al inicio de la prueba piloto y después de completar la aplicación del método propuesto, el diagnóstico de la madurez fue hecho por el autor de este documento apoyándose en las evidencias o variables

observadas que define el SLC-Model (mediante caminatas gemba, auditorías durante la ejecución y entrevistas con los responsables de la producción). La medición de la madurez fue realizada con el modelo de madurez escogido en el capítulo IV. A continuación, se revisan las mejoras identificadas:

- Mejoramiento del sistema de producción: Este factor paso desde un nivel 1 (inicial) a un nivel 2 (repetible). Para alcanzar este nivel se superaron 4 problemas u obstáculos y se ejecutaron 5 eventos kaizen, la mejora se debe principalmente al desarrollo de la madurez de los atributos observables como: reducción del tiempo de ciclo, reducción de la variabilidad, simplificación de procesos y transparencia.

- Mejoramiento de la producción: Este factor paso desde un nivel 1 (inicial) a un nivel 2 (repetible). Para alcanzar este nivel se superaron 4 problemas u obstáculos y se ejecutaron 4 eventos kaizen, la mejora se debe principalmente al desarrollo de la madurez de los atributos observables como: desarrollo de estándares, conocimiento y selección de herramientas lean construction, flujo continuo y mejoramiento continuo.

- Trabajo en equipo: Este factor paso desde un nivel 1.2 (inicial) a un nivel 1.8 (inicial). Este incremento de la madurez se logró de forma indirecta con el desarrollo de la madurez de los otros atributos que fueron puestos a prueba con los eventos kaizen. Debido a que hay una correlación directa entre todos 7 factores del modelo de madurez. Cuando algunos de ellos maduran a un nivel superior, otros son afectados de forma indirecta por ser un solo sistema.

- Soporte operativo a la producción: Este factor paso desde un nivel 1.6 (inicial) a un nivel 1.8 (inicial). Este incremento de la madurez se logró de forma indirecta con el desarrollo de la madurez de los otros atributos que fueron puestos a prueba con los eventos kaizen. Debido a que hay una correlación directa entre todos 7 factores del modelo de madurez. Cuando algunos de ellos maduran a un nivel superior, otros son afectados de forma indirecta por ser un solo sistema.

8.2 INDICADORES Y HERRAMIENTAS

8.2.1 Carta Balance

La Figura N° 8.2 muestra la distribución individual del trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC) del personal obrero, como resultado del estudio de tiempos y movimientos del personal en obra. La observación se realizó durante la primera semana de ejecución en el frente de trabajo "construcción de calzaduras".

Tabla N° 8.1 Cuadrilla de trabajo en la construcción de calzaduras

Trabajadores involucrados en el frente de trabajo	
A:	Maestro
B:	Operario 1
C:	Operario 2
D:	Operario 3
E:	Oficial 1
F:	Ayudante 1
G:	Ayudante 2
H:	Oficial 2
I:	Operario 4

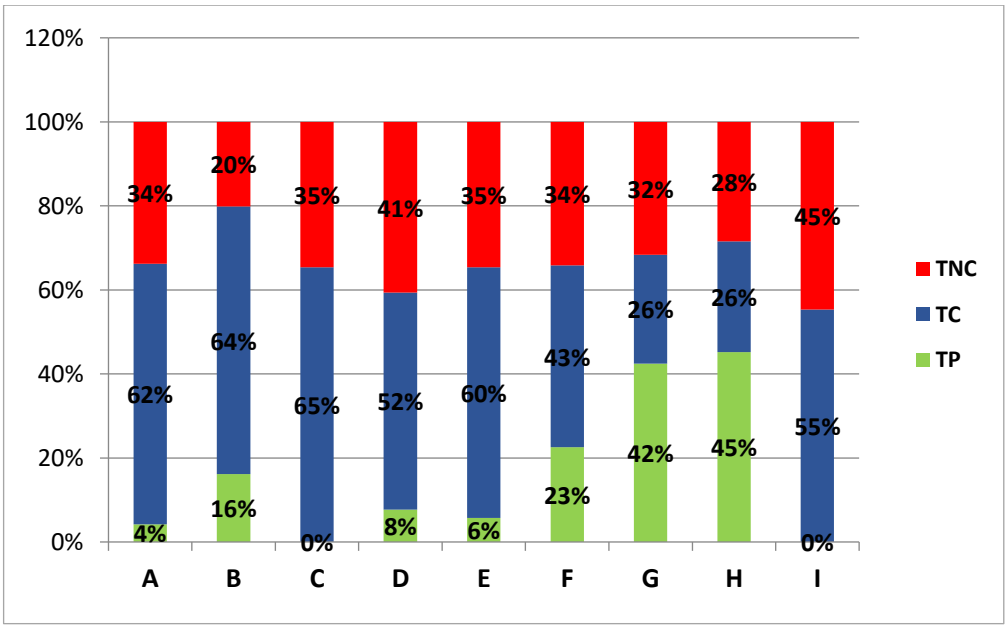


Figura N° 8.2: Distribución individual del trabajo

A continuación, se muestra el nivel general de actividad de toda la cuadrilla y la composición de trabajos que conforman el TC y TNC en la cuadrilla.

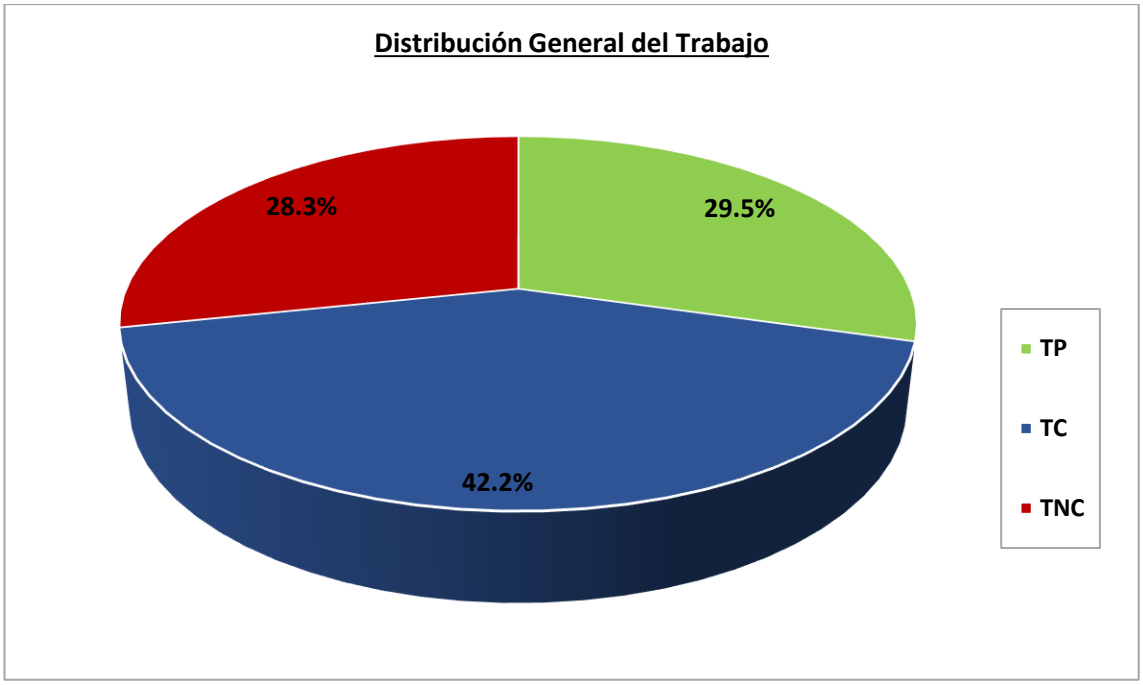


Figura N° 8.3: Distribución general del trabajo en la construcción de calzaduras

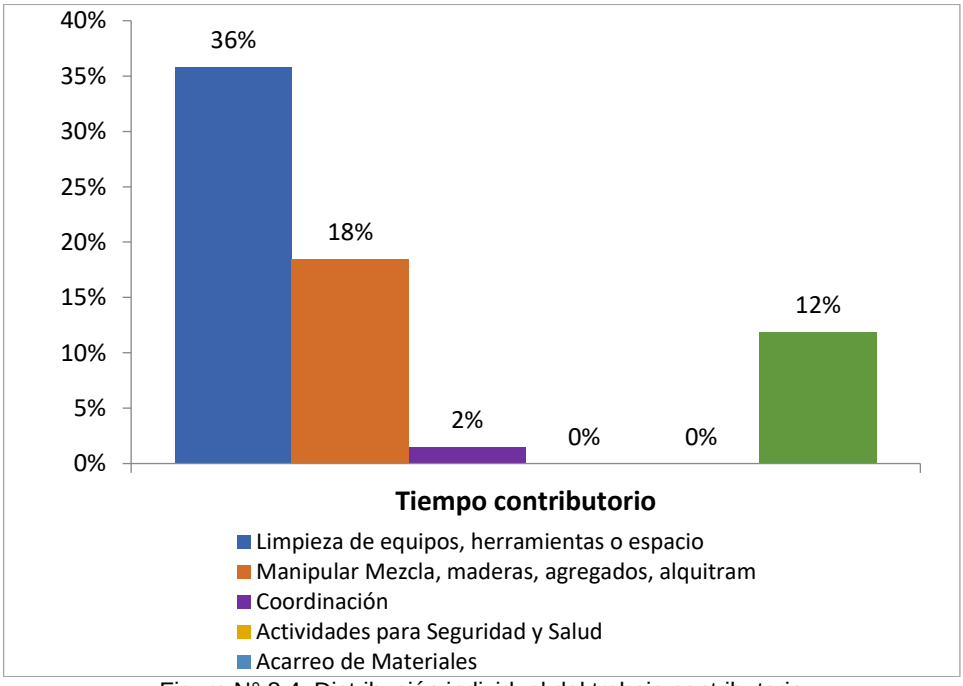


Figura N° 8.4: Distribución individual del trabajo contributorio

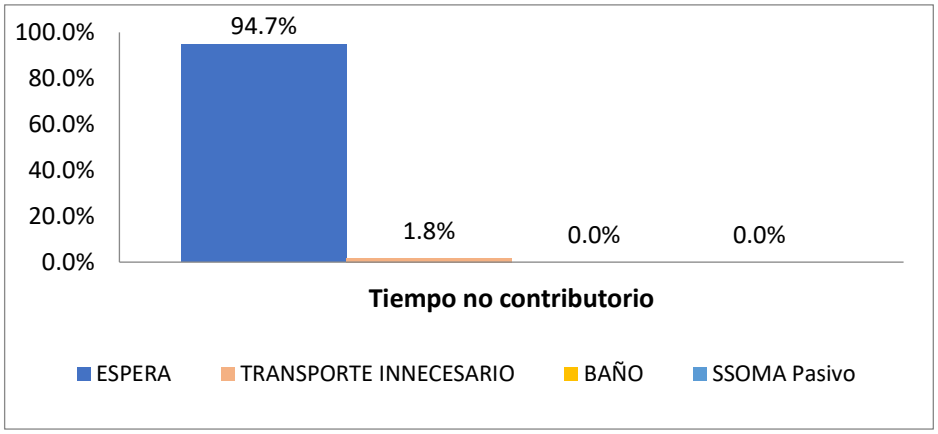


Figura N° 8.5: Distribución individual del trabajo no contributorio

Encontrado que el trabajo contributorio y el trabajo no contributorio representan más del 50% del tiempo invertido en una jornada de trabajo. A partir de esto se realiza un análisis de las horas hombre (HH) consumidas por una persona en una jornada, luego en una semana y posteriormente en las 32 jornadas programadas para la ejecución de este frente de trabajo.

Tabla N° 8.2 Distribución de HH productivo, HH contributorio y HH no contributorio

	TP (HH)	TC (HH)	TNC (HH)	Total HH
1 jornada	2.36	3.38	2.26	8
1 semana	14.14	20.27	13.59	48
Cronograma: 32 jornadas	75.42	108.11	72.47	256
Cuadrilla de 8 obreros	603.4	864.87	579.73	2048

Las HH improductivas consumidas por un personal obrero (operario, oficial o peón) en las 32 jornadas, representa aproximadamente 72.5 HH; y si llevamos esta relación a toda la cuadrilla conformada por 8 obreros. Se estaría pagando 579.7 HH por no producir ni contribuir de forma indirecta al sistema de producción. Esta proyección indica que el diseño del sistema de producción de calzaduras tiene una gran brecha de oportunidad por mejorar. La Tabla N° 8.2 permite inferir que el sistema de producción tiene mucha gente esperando trabajo o trabajo esperando gente. Los trabajos contributorios son muy altos, lo que da una idea de la existencia de trabajos innecesarios que pueden suprimirse en el flujo de producción. En este sentido se debe análisis detalladamente el flujo de procesos que conforma el sistema de producción de calzaduras.

También se revisó literatura sobre los niveles de productividad general en la industria de la construcción global y como está la industria de la manufactura en niveles de productividad. Encontrándose que el trabajo productivo promedio de la industria de la construcción global es del 43%, mientras que en nuestro caso de estudio alcanzamos a un 29.5%. Lo que evidencia que hay una gran brecha de oportunidades de mejora que se aprovechará durante la aplicación de método propuesto en esta investigación.

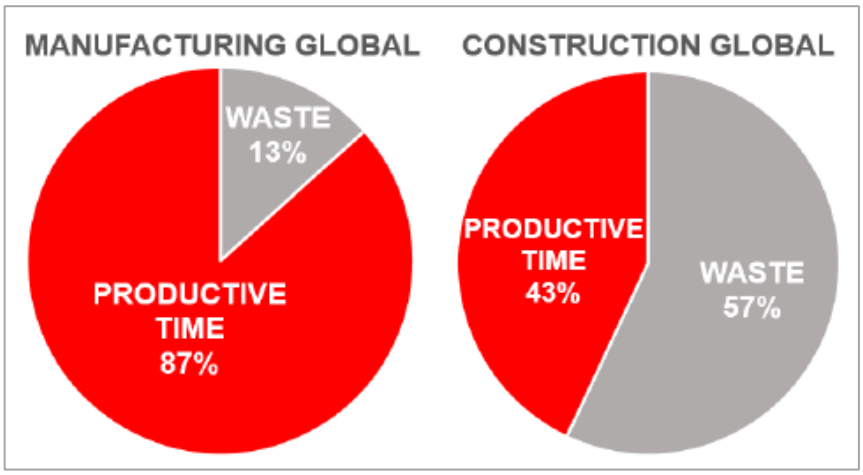


Figura N° 8.6: Distribución de productividad en las industrias

Fuente: Huaman (2021)

La manufactura global ha desarrollado tanto su industria que su trabajo contributorio es solo el necesario para brindar soporte al trabajo productivo. En la Figura N° 8.6 se considera desperdicio a la suma del TC y TNC, entendiéndose que siempre hay una TC necesario que no se puede eliminar.

8.2.2 Value String Mapping (VSM)

En el Anexo H se muestra el Value String Mapping inicial en la construcción de calzaduras, se midieron los tiempos de cada proceso y las esperas entre procesos durante los primeros cuatro días de la ejecución. Encontrándose cuellos de botella, trabajas innecesarios, retrabajos y esperas prolongadas. Es así como se identificaron los desperdicios que se deben eliminar y las oportunidades de mejora para rediseñar el sistema de producción de calzaduras.

En el Anexo I se muestra el nuevo Value String Mapping planteado, a partir del evento Kaizen generado con los responsables de la producción y con los principales operarios de la cuadrilla. Logrando una reducción de tiempo del ciclo de producción de calzaduras en un 30% y un 6% en las esperas entre procesos. También se redujo el número de procesos en el flujo principal de 9 a 8 procesos, eliminando el proceso de "armado de andamios y rampa para el vaciado" siendo el cuello de botella que generaba la mayor cantidad de desperdicios (retrabajos, acarreos innecesarios, esperas prolongadas, sobre procesamiento de trabajos).

Tabla N° 8.3 Optimización del flujo de producción después del evento Kaizen

	VSM Inicial	VSM Final	Optimización
Tiempo de ciclo total	1699'	1204'	reducción en 30%
Tiempo de esperas	974'	925'	reducción en 6%
Numero de procesos en el flujo principal	9	8	reducción en 11%

8.2.3 Reporte de Producción de Calzaduras

En el Anexo J se muestra el reporte de producción de calzaduras acumulado real versus acumulado programado por jornada de trabajo. Durante los eventos Kaizen realizados para madurar el sistema de producción a un nivel 2 (repetible), se logró optimizar el sistema de producción. Con la eliminación de tiempos improductivos y rediseñando el proceso de ejecución a partir de mejoras secuenciales, retando al equipo de producción a lograr metas más ambiciosas. Es así como en la jornada 12, se logró igualar la ejecución programada con la ejecución real; para posteriormente superarlo y culminar la construcción de las calzaduras 3 jornadas antes de los planificado. Logrando ahorrar 192 HH con respecto a lo estimado en el plan operativo 2023.

Tabla N° 8.4 Optimización de las jornadas de trabajo y HH ganadas después del evento Kaizen

	Programado	Real	Optimización
Numero de paños de calzaduras	89	89	-
Numero de jornadas de trabajo	32	29	3
HH totales (8 obreros)	2048 HH	1856 HH	192 HH

8.2.4 Porcentaje de Plan Completado (PPC)

En la Figura N° 8.7 se muestra la evolución del PPC durante las 3 primeras semanas de ejecución en las calzaduras.

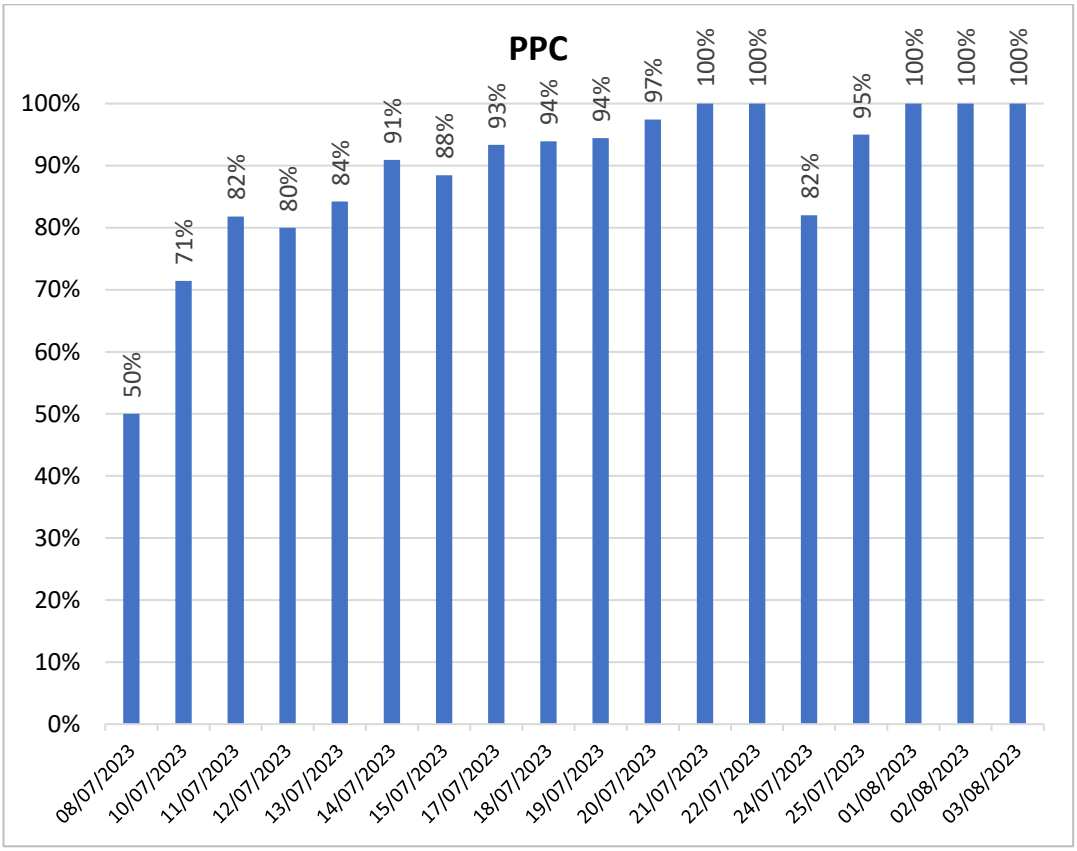


Figura N° 8.7: Evolución diaria del PPC

Los resultados muestran valores bajos en las primeras dos semanas, por debajo del 85-90%, esto debido al deficiente sistema de producción llevado hasta ese momento, a las tareas no eran anticipadas y la falta de análisis para eliminar procesos innecesarios que forman cuellos de botella, lo que ocasionaba que las cuadrillas invierta muchas horas-hombre para el armado de rampa y traslado de concreto hecho en obra, lo cual generaba retrabajos entre jornada y jornada. En la cuarta jornada se aplicó el evento Kaizen, generando un mayor cumplimiento de las metas propuestas en cada jornada. A medida que se avanzaba con el evento kaizen se logró un cumplimiento casi contante de PPC al 100% debido a que el cambio de sistema de producción en el anillo 2 de la calzadura se redujo considerablemente en un 30% del tiempo total.

8.2.5 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Las CNC se realizaron en todas las reuniones del plan de trabajo semanal (días viernes). Especialmente en los primeros días de la ejecución, donde se identificaron las CNC más recurrentes en las obras ejecutadas por administración directa. Para llevar un control de las principales causas se hizo uso de la Tabla N° 8.5, la misma que muestra los códigos de las CNC a utilizar:

Tabla N°8.5 Codificación de las CNC

Principales CNC		
Item	Causas	Código
1	Falta de personal	FP
2	Demora en la adquisición de servicios	DAS
3	Demora en la adquisición de Bienes	DAB
4	Problemas con proveedores	PP
5	Préstamo de personal a la oficina central	PPOC
6	Terminación de un trabajo anterior	TTA
7	Falta de materiales, equipos, andamios, etc	FM
8	Condiciones inseguras de trabajo	CIT
9	Falta de Retroexcavadora operativa	FRO
10	Falta de información	FI
11	Ausencia no planificada	AP
12	Estimación incorrecta de tiempo	EIT
13	Retrabajos	R
14	Mala programación	MP
15	Cambios en el diseño	CD
16	Motivos climáticos o eventos extremos	MC
17	Marcha sindical	MS

La Figura N° 8.8, muestra la incidencia porcentual de las CNC del proyecto durante la aplicación de los eventos Kaizen; además, se observa que la causa principal de no cumplimiento de las tareas programadas fue por la falta de personal obrero calificado (operador de retroexcavadora) y la demora en la adquisición de servicios.

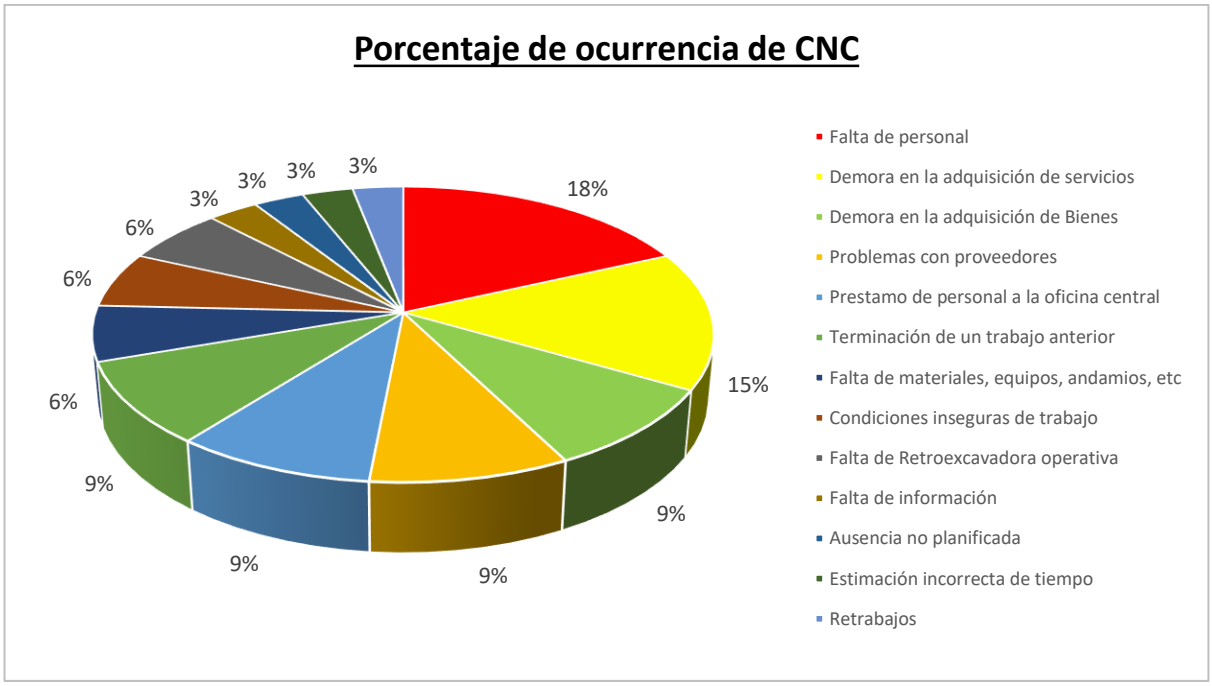


Figura N° 8.8: Porcentaje de ocurrencia de CNC

8.2.6 Liberación de Restricciones (PCR)

La Figura N° 8.9 muestra la evolución de liberación de restricciones a partir de la semana 2 a la semana 7, esto se debe a que en un inicio no se realizaba el análisis y liberación de restricciones, la implementación del evento Kaizen, introdujo esta práctica desde la semana 2.

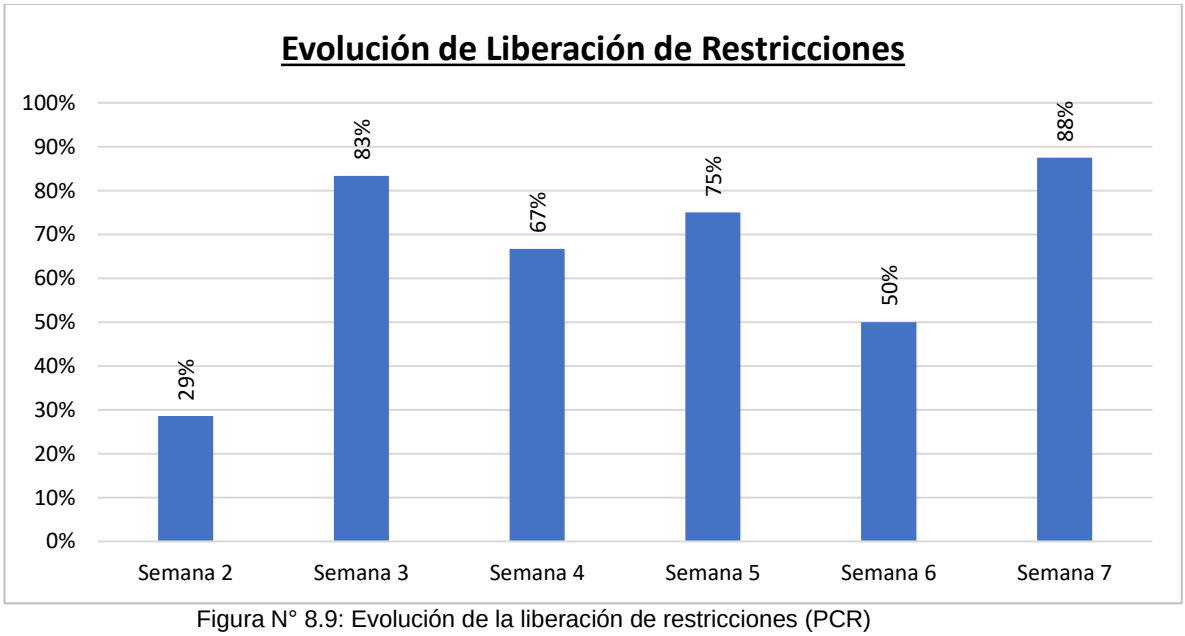


Figura N° 8.9: Evolución de la liberación de restricciones (PCR)

El resultado muestra que en un inicio (semana 2) el PCR era muy bajo, debido a que los responsables de la producción no invertían tiempo en liberar restricciones o en designar responsables para liberar las restricciones identificadas. En las siguientes semanas se comenzó a generar compromisos más confiables, gracias a la implementación de la Big Room donde todos responsables de la producción participan y asumen sus propios compromisos. Como un compromiso propio para aportar valor al equipo; sin embargo, debido a la existencia de CNC que no dependen de los responsables de la producción. No fue posible conseguir un % alto de liberación de restricciones al largo de toda la prueba piloto.

8.3 ANALISIS DE LOS OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y PROBLEMATICA

En primer lugar, cabe mencionar que durante el desarrollo de la investigación se logró: 1) Identificar 11 modelos de madurez y 8 métodos de mejora continua en la literatura académica; además, se identificaron buenas prácticas de implementación y recomendaciones para el sostenimiento de LC, a partir de una consulta a 9 expertos procedentes de seis países referentes en la adopción de LC; también, se realizó una encuesta a 84 profesionales de la construcción peruana con el fin de conocer buenas prácticas locales. 2) se analizó 11 modelos de madurez con ayuda de las opiniones de los expertos consultados y con la aplicación de 2 métodos objetivos para la selección del modelo de madurez a utilizar. 3) se diseñó un método que permita desarrollar la madurez del sistema de producción de un proyecto; a partir de lo obtenido en los otros 2 items mencionados. El diseño del método propuesto fue acompañado con la validación en un caso de estudio a nivel piloto.

En segundo lugar, el cumplimiento de la hipótesis general de esta investigación quedo garantizado con los resultados de la aplicación en el caso de estudio.

Finalmente, la respuesta a la pregunta de investigación, ¿Existen metodologías que permitan orientar el desarrollo de la madurez lean en la gestión de producción de un proyecto?, quedó contestado con el desarrollo de los capítulos IV y V de esta investigación. También se generó un aporte al conocimiento actual, con el desarrollo de los capítulos VI, VII y VIII.

CONCLUSIONES

En esta investigación se logró presentar una metodología para facilitar el desarrollo de la madurez de LC, conformado por dos instrumentos, de los cuales uno es un modelo de madurez y otro es un método de mejora continua. El método de mejora continua fue estructurado como resultado de esta investigación, siendo este el evento Kaizen. La principal contribución de esta investigación es una metodología que permite gestionar la madurez de Lean Construction en la gestión de producción de un proyecto durante la fase de construcción. A partir de la búsqueda de eventos Kaizen en el sistema de producción. Este método permite gestionar personas, recursos, compromisos y desarrollar patrones de conducta para generar comportamientos que se convertirán en hábitos asumidos por el equipo de trabajo.

Se logró identificar el estado actual del conocimiento existente. A partir de la consulta a 9 expertos y a la revisión sistemática de la literatura. Es así como se identificó 10 modelos de madurez de LC y 8 métodos de mejora continua, que pueden ser adaptados al contexto de la construcción, en el caso que provengan de otras industrias. Además, se identificó el modelo de madurez con el mayor sustento probabilístico en su diagnóstico y el más utilizado en la práctica por los expertos consultados.

El análisis de contenido y el uso del método “elegir por ventajas” (CBA) en los modelos de madurez, permitió clasificar e identificar los modelos de madurez que son prácticos de utilizar en el contexto de la ejecución de un proyecto de construcción.

El método propuesto recoge las lecciones aprendidas de los expertos y aplica un sistema de mejora continua basado en los eventos Kaizen con el objetivo de garantizar que los planes se completen y se puedan superar los obstáculos o problemas encontrados en el sistema de producción.

El uso del modelo de madurez en el método propuesto permite identificar obstáculos que existen en el sistema de producción, e ir proponiendo pequeñas acciones para superarlos. Pero el mayor valor está en lo que se aprende de esa pequeña acción planeada, pues permite planificar una acción siguiente más

precisa, este aprendizaje repetitivo (Kaizen) garantiza que se logrará alcanzar el nivel de madurez objetivo.

Las rutinas de planificación generadas con el equipo de producción, permitió adoptar comportamientos de pensamiento crítico y conciencia de las herramientas Lean utilizadas. Estos fueron aprendiendo a identificar los trabajos que no agregan valor, el hábito de identificar restricciones para que el flujo de producción no se detenga. Es así como se logró alcanzar el nivel de madurez 2 (Repetible).

Durante la validación del método propuesto, se logró reducir el tiempo del ciclo de producción de calzaduras en un 30%, en un 6% el tiempo de esperas y reducir el flujo de procesos de 9 a 8 procesos, logrando adelantarse en la semana 4, dos jornadas a lo programado y terminando la construcción de la calzadura tres jornadas antes de lo planificado.

El método propuesto facilita el desarrollo del equipo en la adopción de LC y en la superación de obstáculos o problemas en el recorrido Lean, esto se evidenció en 8 condiciones objetivo que se superaron, en los 8 obstáculos detectados y en las 9 acciones de mejora ejecutadas mediante los eventos Kaizen estructurados.

La implementación de este método mejora la planificación y el avance de obra. Esto se vio reflejado en el crecimiento del PPC, siendo en la primera jornada un 50% y en las jornadas de mayor producción un 100%; en cuanto al avance en el proyecto, el reporte de producción de calzaduras refleja un incremento del ritmo de producción, con el mismo personal y con las mismas herramientas. La única diferencia es el trabajo colaborativo del equipo de producción en la superación de los obstáculos y en la búsqueda de mejores formas de realizar el trabajo.

Considerando el nivel de madurez alcanzado en la investigación, los indicadores y el desempeño del frente de trabajo estudiado, respecto a lo programado. Es posible concluir que la “Propuesta de metodología para facilitar el desarrollo de la madurez de Lean Contruction en la gestión de producción de un proyecto”, permite una adopción de Lean Construction ordenada y estructurada respecto a las necesidades de la organización, respondiendo de esta manera a la problemática identificada en esta investigación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda obtener el apoyo de por lo menos, los responsables del sistema de producción en el proyecto o en un caso ideal el apoyo de la jefatura y/o gerentes de la empresa, antes de la aplicación del método propuesto. Ya que la aplicación del método propuesto, en los niveles de madurez 3 o 4, dependen del compromiso de las personas en perseguir mejores formas de ejecutar los trabajos. La aprobación o apoyo de los tomadores de decisión es necesario e indispensable cuando se quiere lograr una madurez superior (nivel 3-5). En una organización donde se tiene un desconocimiento total de lo que es Lean Construction, se podría iniciar con la aplicación del método en su forma más básica, sin la necesidad del respaldo de los jefes o directivos del proyecto.

Para recolectar evidencias del nivel de madurez actual se recomienda usar caminatas gemba, fotografías, encuestas, entrevistas y auditorías internas al del sistema de producción del proyecto durante la fase de construcción.

Se recomienda adaptar el modelo de madurez (SLC-Model) a las condiciones propias de la organización donde se pretende aplicar el modelo. Ya que el modelo de madurez (SLC-Model) actualmente es genérico para cualquier organización donde se evidencie un sistema de producción. Ya sea para la ejecución de un proyecto de construcción o para la construcción de una automóvil.

Para el uso del SLC-Model se recomienda trabajar solo con la componente que genera el diagnóstico de la madurez, debido a que el instrumento (hoja de cálculo) no se encuentra de libre acceso para ser utilizada. Para utilizar el SLC-Model hay que elaborar la hoja de cálculo a partir de la tesis doctoral donde fue publicada.

Para la aplicación del método propuesto, se recomienda definir como mínimo 2 roles durante el desarrollo del evento Kaizen. Estos son: 1) rol de gestor y promotor del evento kaizen hacia las personas del proyecto (líder Kaizen); 2) rol de seguimiento y monitoreo del sistema de producción, antes y después de la aplicación del método propuesto (aprendiz Kaizen).

Se recomienda generar eventos Kaizen espontáneos durante la aplicación del método propuesto, cuya planificación y ejecución no sea mayor a 2 o 3 semanas. Los eventos kaizen y el modelo de madurez SLC-Model tienen la característica de ser ágil y flexible para la aplicación durante la ejecución de un proyecto de construcción.

Para el éxito en la aplicación del método propuesto en esta investigación, se recomienda incentivar a los responsables de la producción y trabajadores con reconocimientos o recompensas compartidas, luego de cumplir metas a mediano y largo plazo en el proyecto.

Para futuras investigaciones en esta línea de investigación, se recomienda utilizar los 4 modelos de madurez finalistas en el capítulo IV y los 8 métodos de mejora continua identificados en la literatura en el capítulo V. La combinación de ambos instrumentos, siguiendo la lógica del método propuesto en esta investigación, permitirá generar una variedad de combinaciones que servirán de metodologías estructuradas para la implementación de Lean Contruction en las organizaciones a nivel estratégico (empresarial), a nivel operativo (sistema de producción) y a nivel conductual (cultura y hábitos).

REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco, 11*(1-2), 333-338. https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf

Alarcón, L., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderon, R. (2005). Assessing the Impacts of Implementing Lean Construction. *Proc. 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 387-393. https://iglc.net/Papers/Details/384

Andersen, E. S., & Jessen, S. A. (2003). Project maturity in organisations. *International Journal of Project Management, 21*(6), 457-461. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00088-1

Arantes, F. (2010). *Modelo de Diagnóstico de Madurez de Construcción Lean y Estudios de Caso en Empresas de Construcción Civil.* Universidad de São Paulo.

Arbulu, R., & Zabelle, T. (2006). Implementing Lean in Construction: How to Succeed. *Proc. 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 553-565. https://iglc.net/Papers/Details/407

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología de investigación* (6ta ed.). Episteme.

Aris, R., & Penn, M. (1980). The mere notion of a model. *Mathematical Modelling, 1*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/0270-0255(80)90002-0

Aziz, R., & Hafez, S. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal, 52*(4), 679-695. https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008

Ballard, G., & Howell, G. (1997). Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow. In L. Alarcón (Ed.), *Lean Construction* (pp. 101-110). Balkema.

Ballard, G., & Tommelein, I. (2016). *Current process benchmark for the Last Planner® system of project planning and control.* University of California, Berkeley.

Bordin, M. F., Dall'Agnol, A., Dall'Agnol, A., Lantelme, E. M., & Costella, M. F. (2018). Kaizen - Analysis of the Implementation of the A3 Reporting Tool in a Steel Structure Company. *Proc. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 294-304. https://doi.org/10.24928/2018/0265

Brandão, E. L., Pacheco, A. P., & Wons, L. (2018). Aplicação do rapid lean construction-quality rating model em obras públicas. *Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 17*(1), 1972–1982. https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1554

Cano, S. (2019). *Modelo de evolución de la madurez de lean construction en la gestión de producción de proyectos de construcción (SLC-EModel)* [Tesis de Doctorado, University of Arizona]. Biblioteca Digital Universidad del Valle. https://hdl.handle.net/10893/13948

Cano, S., & Rivera, L. (2021). *Modelo sistémico de evolución de Lean Construction, SLC-EMODEL.* Universidad del Valle. https://hdl.handle.net/10893/21028

Cano, S., Botero, L., & Rivera, L. (2017). Evaluación del desempeño de Lean Construction. *Lean Construction performance evaluation, 38*(39), 30. https://www.revistaespacios.com/a17v38n39/a17v38n39p30.pdf

Cano, S., Botero, L., García-Alcaraz, J. L., Tovar, R., & Rivera, L. (2020). Key Aspects of Maturity Assessment in Lean Construction. *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 229-240. https://doi.org/10.24928/2020/0063

Carvalho, B. (2008). *Proposta de uma ferramenta de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta*. [Tesis de Maestría en Construcción Civil, Universidad Federal de Paraná]. Acervo Digital da UFPR.

Carvalho, B., & Scheer, S. (2017). Analysis and Assessment for Lean Construction Adoption: The DOLC Tool. *Proc. 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 294-304. https://doi.org/10.24928/2017/0117.

Chrissis, M. B., Konrad, M., & Shrum, S. (2004). *CMMI: Guidelines for Process Integration and Product Improvement* (2nd ed.). Addison-Wesley Professional.

Crosby, P. (1979). *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*. McGraw-Hill.

De Souza, J. P. (2016). PDCA e Lean Manufacturing: Estudo de Caso de Aplicação de Processos de Qualidade na Gráfica Alfa. *Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais, 17*(1), 11-17. https://doi.org/10.17921/2448-2129.2016v17n1p11-17

Diekmann, J. E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T., & Won, S. (2004). *Application of Lean Manufacturing Principles to Construction* (Report No. RR191-11). Construction Industry Institute. https://www.construction-institute.org/application-of-lean-manufacturing-principles-to-construction.

Durward, K., Sobek, L., & Smalley, A. (2010). *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System*. CRC Press.

Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing, 62*(1), 107-115. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x

RAE (2001). *Diccionario de la Lengua Española (22ª ed.)*. Obtenido de https://www.rae.es/drae2001/madurar

RAE (2014). *Diccionario de la Lengua Española (23ª ed.)*. Obtenido de https://dle.rae.es/principio

Etges, B., Saurin, T., & Bulhões, I. (2013). A Protocol for Assessing the Use of Lean Construction Practices. *Proc. 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC),* 93-101. https://iglc.net/Papers/Details/896

Farris, J. A., Van Aken, E. M., Doolen, T. L., & Worley, J. (2008). Learning From Less Successful Kaizen Events: A Case Study. *Engineering Management Journal, 20*(3), 10-20. https://doi.org/10.1080/10429247.2008.11431772

Fatima, A., Mohammad, D., Haitao, Y., Farook, H., & Mohamed, A.-H. (2022). The Impacts of Lean Implementation Revealed in the Course of Building a Digital Twin of a Construction Manufacturing Facility. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 890-901. doi.org/10.24928/2022/0200

Frigg, R., & Hartmann, S. (s.f.). *Modelos en ciencia The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Obtenido de http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/models-science/

GEPUC (2014). *Herramientas Lean Sostenibles en el Tiempo.* Santiago-Chile.

Gomes, M., Cavalcante Filho, J., & Barros Neto, J. (2018). Planejamento estratégico na indústria da construção civil: áreas, temas, técnicas e métodos. *Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 17*(1), 1706–1714. https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1521

González, V., & Alarcón, L. F. (2003). Buffers de Programación: una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción. *Revista ingeniería de construcción, 18*(2), 109-119. https://repositorio.uc.cl/handle/11534/10103

Green, S. D. (2005). Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion and the meaning of 'leanness'. *Building Research & Information, 33*(6), 498-511. https://doi.org/10.1080/09613210500285106

Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta Edición). Mc Graw Hill.

Hernández-Sampieri, R., & Mendóza, C. (2018). *Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa cualitativa y mixta.* Mc Graw Hill.

Hofacker, A., Oliveira, B., Gehbauer, F., Freitas, M., Menez, J. R., A., S., & Kirsch, J. (2008). Rapid Lean Construction-quality Rating model (LCR). *Proc. 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 241-250. https://iglc.net/Papers/Details/573

Horman, M. (2000). *Process dynamics : buffer management in building project operations* [PhD Thesis, The University of Melbourne]. The University of Melbourne Library. http://hdl.handle.net/11343/114541

Huaman Orosco, C. (2021). *Propuesta de una hoja de ruta para mejorar la implementación de Lean Construction en empresas del sector construcción* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. http://hdl.handle.net/20.500.14076/22884

Humphrey, W. (1993). *Introduction to Software Process Improvement* (Report No. CMU/SEI-92-TR-007 ESC-TR-92-007). Software Engineering Institute. doi:10.1184/R1/6574820.v1

Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success.* McGraw-Hill.

INEI. (Diciembre de 2020). *Portal web del Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-produccion-nacional-dic-2020.pdf

Jorgensen, B., Emmitt, S., & Ballard, G. (2005). Divergent Focus in the Application of Lean Ideas: Examples From Denmark and California. *Proc. 13th Annual*

Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 395-403. https://iglc.net/Papers/Details/385

Kato, & Smalley. (2011). *Toyota Kaizen Methods Six Steps to Improvement* (1st ed.). Productivity Press.

Kenig, M. (2011). *Project Delivery Systems for Construction*. The Associated General Contractors of America.

Khoshgoftar, M., & Osman, O. (2009). Comparison of maturity models. *2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology,* 297-301. doi: 10.1109/ICCSIT.2009.5234402.

Kohoutek, H. (1996). Reflections on the capability and maturity models of engineering processes. *Quality and Reliability Engineering International, 12*(3), 147-155. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1638(199605)12:3%3C147::AID-QRE14%3E3.0.CO;2-R

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction* (Technical Report No. 72). CIFE, Stanford University. https://purl.stanford.edu/kh328xt3298

Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction: Dissertation* [PhD Thesis, Aalto University]. VTT Technical Research Centre of Finland. https://publications.vtt.fi/pdf/publications/2000/P408.pdf

Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2002). The foundations of Lean Construction. In R. Best & G. de Valence (Eds.) *Design and Construction* (pp. 207-222). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780080491080

Krafcik, J. (1988). Triumph Of The Lean Production System. *Sloan Management Review, 30*(1), 41-52. https://www.proquest.com/docview/224963951

LCI (2016). *LCI Lean IPD Health and Maturity Assessment Tool 1.0.* Obtenido de https://www.leanconstruction.org/pages/learning/tools-and-technologies.

LEAN UNI. (2020). Obtenido de https://acortar.link/ZB3eNb

LCI (2014). *What is Lean design and construction?* Obtenido de http://www.leanconstruction.org

LCI (2018). *Transforming Design and Construction: A Framework for Change.* Lean Construction Institute.

Li, S., Wu, X., & Zhou, Y. (2016). A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. *Renewable & Sustainable Energy Reviews, 71*(C), 846-851. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.112

Liker, J. (2014). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Lockamy, A., & McCormack, K. (2004). The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation. *Supply Chain Management, 9*(4), 272-278. https://doi.org/10.1108/13598540410550019

Lorenzon, I. (2008*). A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso* [Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos]. Repositório Institucional UFSCar. https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3339

MacInnes, R. (2002). *The Lean Enterprise Memory Jogger: Create Value and Eliminate Waste throughout your Company*. GOL/QPC.

Maestas, A., & Parrish, K. (2014). Exploring the Roots of Lean Culture at DPR Constuction - A Case Study in Lean culture. *Proc. 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC),* 1413-1424. https://iglc.net/Papers/Details/1012

Male, S. (1998). *The Value Management Benchmark: A good practice framework for clients and practitioners*. Thomas Telford Publishing.

Mano, A. L., Gouvea, S. E., & Pinheiro, E. (2018). Criticality assessment of the barriers to Lean Construction. *International Journal of Productivity and Performance Management, 70*(1), 65-86. DOI: 10.1108/IJPPM-11-2018-0413

Mao, X., & Zhang, X. (2008). Construction Process Reengineering by Integrating Lean Principles and Computer Simulation Techniques. *Journal of Construction Engineering and Management, 134*(5), 371-381. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:5(371)

Marín, J. A. (2015). *Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la industria de la construcción* [Tesis de Grado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133557

Mata, L. (2019, Noviembre 26). Marco metodológico de investigación. *Investigalia*. https://investigaliacr.com/investigacion/marco-metodologico-de-investigacion/

Meuser, M., & Nagel, U. (2014). The Expert Interview and Changes in Knowledge Production. In A. Bogner, B. Litting, & W. Menz (Eds.). *Interviewing Experts* (pp. 17-42). ECPR Research Methods. https://doi.org/10.1057/9780230244276_2

Mossman, A. (2009). Why isn't the UK construction industry going lean with gusto? *Lean Construction Journal,* 24-36. http://leanconstruction.org/wp-content/uploads/2022/08/LCJ_08_010.pdf

Muñoz, K. (2020). *Propuesta de bases metodológicas para el fomento de una cultura basada en la mejora continua en la construcción* [Tesis de Grado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178548

Nesensohn, C. (2014). *An innovative framework for assessing lean construction maturity.* doi:10.24377/LJMU.T.00004320

Nesensohn, C. (2017). A Lean Construction Maturity Model for Organizations. *Proc. 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC),* 357-364. https://doi.org/10.24928/2017/0293

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

Peinado, J., & Graeml, A. (2007). *Gestión de la producción: Operaciones industriales y de servicios*. UnicenP.

Pekuri, A., Herrala, M., Aapaoja, A., & Haapasalo, H. (2012). Applying Lean in Construction - Cornerstones for Implementation. *Proc. of the 20th Annual*

Conference of the International Group for Lean Construction. https://iglc.net/papers/Details/821

Pereira, M. (2012). *Avaliação e análise da aplicação da filosofia Lean em empresas de construção civil da Região Metropolitana de Belo Horizonte* [Monografia de Especialização, Escola de Engenharia da UFMG]. Repositório Institucional da UFMG. http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9AEGLQ

Perez-Apaza, J. F. (2021). *Propuesta de sistema de mejora continua para facilitar la madurez del Last Planner System durante la ejecución de un proyecto* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingenierìa]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingenierìa. http://hdl.handle.net/20.500.14076/22207

Perez-Apaza, F., Ramírez-Valenzuela, A., & Perez-Apaza, J. (2021). The Toyota Kata Methodology for Managing the Maturity Level of Last Planner® System. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC),* 514-523. https://doi.org/10.24928/2021/0194

Perkins, L. N., Abdimomunova, L., Valerdi, R., Shields, T., & Nightingale, D. (2010). Insights from enterprise assessment: How to analyze LESAT results for enterprise transformation. *Information-Knowledge-Systems Management, 9*(3-4), 153-174. https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2596524.2596526

Pons, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction.* Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.

Quezada, N. (2010). *Metodología de la Investigación.* Macro.

Rentes, A. (2009). *Hominiss Lean Maturity Diagnostic Model.* Universidade Federal de São Carlos.

Richardson, G. (2010). *Project Management Theory and Practice*. CRC Press.

Rodegheri, P., & Serra, S. (2020). Maturity Models to evaluate Lean Construction in Brazilian projects. *Brazilian Journal of Operations & Production Management, 17*(2), 1-21. https://doi.org/10.14488/BJOPM.2020.016

Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results.* McGraw-Hill.

Rother, M. (2016). *Kata Slides & Graphics v4.1*. Obtenido de https://www.slideshare.net/mike734/kata-slides-graphics

Rother, M., & Aulinger, G. (2018). *Toyota Kata Culture: Building Organizational Capability and Mindset through Kata Coaching.* McGraw Hill.

Salem, M., Solomon, Genaidy, & Minkarah, M. (2006). *Lean Construction: From Theory to Implementation. Journal of Management in Engineering, 22*(4), 168-175. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:4(168)

Sales, A. G., Silva, K. A., Braga, N. C., & Candido, L. F. (2018). Sustainability Best Practices in Small Construction Companies: Analysis Construction Companies from Ceará, Brazil. *Revista de Gestão Social e Ambiental, 18*(9), e06413. http://dx.doi.org/10.24857/rgsa.v18n9-061

Salvatierra, J., Alarcón, L., López, A., & Velásquez, X. (2015). Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry: Towards More Sustainable Lean Practices and Tools. Proc. *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC),* 642-651. https://iglc.net/Papers/Details/1208

Sarhan, S., & Fox, A. (2013). Performance measurement in the UK construction industry and its role in supporting the application of lean construction concepts. *Australian Journal of Construction Economics and Building, 13*(1), 23-35. http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v13i1.3069

Sarshar, M., Haigh, R., Finnemore, M., Aouad, G., Barrett, P., Baldry, D., & Sexton, M. (2000). SPICE: A business process diagnostics tool for construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management, 7*(3), 241-250. http://dx.doi.org/10.1108/eb021149

Schulze, F., & Dallasega, P. (2022). Empirical Validation of Lean Implementation Barriers in Engineer-to-Order Companies: An Exploratory Study. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC),* 796-807. https://doi.org/10.24928/2022/0192

Senaratne, S., & Ekanayake, S. (2012). Evaluation of Application of Lean Principles to Precast Concrete Bridge Beam Production Process. *Journal of Architectural Engineering, 18*(2), 94-106. https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000063

Serpell, A., & Alarcón, L. F.. (1998). Construction process improvement methodology for construction projects. *International Journal of Project Management, 16*(4), 215-221. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(97)00052-5

Shingo, S. (1987). *The Sayings of Shigeo Shingo: Key Strategies for Plant Improvement*. Productivity Press.

Shingo, S. (1990). *Modern Approaches to Manufacturing Improvement: The Shingo System.* Productivity Press.

Shingo, S. (2010). *Kaizen and the Art of Creative Thinking.* Porto Alegre.

Singh, J., & Singh, H. (2012). Continuous improvement approach: state-of-art review and future implications. *International Journal of Lean Six Sigma, 3*(2), 88-111. https://doi.org/10.1108/20401461211243694

Lean Solutions (2014). Obtenido de www.leansolutions.com

Soto, U. (2016). *Evaluación de la madurez de los principios lean en proyectos de construcción* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio UC https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/21502

Sousa, D., Cândido, L., & Barros Neto, J. (2017). Medição de desempenho na construção civil: um estudo exploratório com construtoras cearenses. Gestão e Economia da Construção e Tecnologia de Informação e Comunicação, 18(1), 9-29. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100207

Spata, S. (13 de diciembre de 2016). Progresión Lean. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=MBXv_G825AU, consultado el 13/12/2016.

Sweis, G., Hiyassat, M., & Al-Hroub, F. (2016). Assessing lean conformance by first-grade contractors in the Jordanian construction industry. *Construction Innovation, 16*(4), 446-459. http://dx.doi.org/10.1108/CI-04-2015-0024

Tapia, R. S., Daneva, M., van Eck, P., & Wieringa, R. (2008). Towards a business-IT aligned maturity model for collaborative networked organizations. *12th*

Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, 276-287. doi:10.1109/EDOCW.2008.59

Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2017). Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises (SMEs) perspective. *International Journal of Project Management, 36*(2), 267-286. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.10.004

Valente, C. (2011). *Acompanhamento e avaliação lean em um canteiro de obras: uma proposta de auditorias lean* [Monografía de graduação, Universidade Federal do Ceará].

Valente, C., Novaes, M., Mourão, C., & Neto, J. (2012). Lean Monitoring and Evaluation in a Construction Site: A Proposal of Lean Audits. *Proc. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC).* https://iglc.net/papers/Details/855

Veldman, J., & Klingenberg, W. (2009). Applicability of the capability maturity model for engineer-to-order firms. *International journal of technology management, 29*(7), 539-545. DOI: https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.024917

Vieira, J., Etges, B., Pellegrino, R., Lins, M., & Costa, L. (2022). Kaizen as an Improvement Method for Concrete Walls Construction in Social Housing Project. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. https://doi.org/10.24928/2022/0136

Vivan, A., F, H., & J, C. (2016). Model for Kaizen project developmente for the construction industry. *Gestão & Produção, 23*(2). https://doi.org/10.1590/0104-530X2102-15

Wang, J., Xiao, J., Li, Q., & Li, K. (2011). Knowledge Management Maturity Models: A Systemic Comparison. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering,* 606-609. doi:10.1109/ICIII.2011.420

Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation.* Simon & Schuster.

Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. Rawson Associates.

ANEXOS

Anexo A: Consulta expertos en la industria de la construcción global ……...….208

Anexo B: Encuesta a profesionales de la construcción peruana ……...214

Anexo C: Perfil profesional de los expertos consultados en esta investigación …228

Anexo D: Resultados de la consulta a los expertos ...……..229

Anexo E: Resultados de las encuestas a los 85 profesionales de la construcción local ……...…...……..247

Anexo F: Evaluación de la madurez por factores y atributos ….…….……..256

Anexo G: Resumen de los eventos Kaizen ...……257

Anexo H: Flujo de procesos de la construcción de calzaduras, antes del evento Kaizen (VSM inicial) ……...……..259

Anexo I: Flujo de procesos de la construcción de calzaduras durante el evento Kaizen (VSM final) ...……...……..260

Anexo J: Calzaduras ejecutadas vs programadas por jornada de trabajo ……....261

Anexo K: Detalle de evento Kaizen estructurado ……262

Anexo L: Descripción de las categorías para el análisis de contenido ……263

Anexo M: Esquema general del método propuesto en esta investigación ……...264

ANEXO A: CONSULTA EXPERTOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN GLOBAL

ENCUESTA A EXPERTOS DE LA INDUSTRIA

El objetivo principal de esta encuesta es conocer cuáles son las buenas prácticas recomendadas al iniciar una implementación de lean construction en la gestión de proyectos de construcción. Esta encuesta busca obtener las experiencias y opiniones de investigadores, expertos, implementadores y/o conocedores en lean construction. Es una forma de generar una gestión del conocimiento existente y recopilar las lecciones aprendidas de cada uno de los encuestados.
Las preguntas realizadas serán ocho (8) y un feedback al finalizar, en caso el encuestado considere necesario. Las preguntas se darán en forma abierta, para que los encuestados puedan desarrollar una respuesta amplia o corta según consideren necesario.
El contenido de las respuestas se utilizará únicamente con fines académicos para formular la estructura de posibles investigaciones que puedan sumar al desarrollo del conocimiento de lean construction.

¡Nadie sabe tanto como todos juntos!

* Obligatoria

INFORMACIÓN PERSONAL

1

¿Cuál es el pais donde trabajas? *

2

¿Puesto en el que trabajas? Por ejemplo: Producción, Planeamiento, Oficina Técnica, Docente Universitario, etc *

ENCUESTA A EXPERTOS DE LA INDUSTRIA

El objetivo principal de esta encuesta es conocer cuáles son las mejores prácticas recomendadas a la hora de iniciar una implementación de Lean Construction en la gestión de proyectos de construcción. Esta encuesta busca obtener las experiencias y opiniones de investigadores, expertos, implementadores y/o conocedores en lean construction. Es una forma de generar la gestión del conocimiento existente y recopilar las lecciones aprendidas de cada uno de los encuestados.
Las preguntas que se realizarán serán ocho (8) y una retroalimentación al final, en caso de que el informante lo considere necesario. Las preguntas serán abiertas, de modo que los encuestados puedan desarrollar una respuesta amplia o breve según lo consideren necesario.
El contenido se utilizará únicamente con fines académicos para formular la estructura de posibles investigaciones que puedan contribuir al desarrollo del conocimiento de la construcción esbelta.

¡Nadie sabe tanto como todos nosotros juntos!

3

Pregunta 1)
Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria. *

4

Pregunta 2)
En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción.
Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo? *

5

Pregunta 3)
En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas? *

6

Problema 4)
Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean.
-Manifestación operativa (a nivel de actividades)
-Manifestación conductual (cultura)
-Otras manifestaciones (detallar) *

7

Pregunta 5)
Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué? *

8

Preguntas 6)
¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación? *

9

Pregunta 7)
Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad). *

1	2	3	4
More used in my reality	More practical to use	Most widespread in existing literature	This is not known in my reality

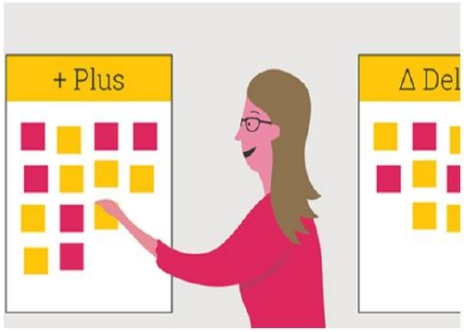
	1	2	3	4
LeCMM – Lean Construction Maturity Model - A New Innovative Maturity Model For Lean Construction Organisations (2014)	○	○	○	○
LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016)	○	○	○	○
SLC-EModel Lean construction maturity evolution model in construction project production management (2019)	○	○	○	○
MMDPLC-Maturity assessment of lean principles in construction projects (2016)	○	○	○	○

10

Pregunta 8)
Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas? *

11

¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta? *



ANEXO B: ENCUESTA A PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN PERUANA

IDENTIFICANDO LAS PRÁCTICAS UTILIZADAS EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN

En el Perú lean construction se ha popularizado en la mayoría de empresas constructoras. Algunas de las empresas aplican herramientas Lean, sin saber que están aplicando Lean. Es por esta razón que se quiere realizar un estudio exploratorio dirigido a los profesionales que conforman la industria de la Arquitectura, ingeniería y construcción (AEC). Esta encuesta es parte de una de las etapas exploratorias de la investigación titulada "Propuesta de una metodología para facilitar el desarrollo de la madurez Lean Construction en la gestión de producción de un proyecto".

El objetivo principal de esta encuesta es conocer cuáles son las prácticas utilizadas por los profesionales de la AEC en la gestión de proyectos de construcción. Esta encuesta está dirigida a ingenieros, arquitectos, empresarios, implementadores y todo aquel profesional relacionado a la industria de la AEC. Esto con el fin de conocer que se ha avanzado a la fecha y que se puede considerar como buenas prácticas locales en la industria peruana.

Las preguntas realizadas serán trece (13) para marcar, cuatro (4) para responder y un (1) feedback al finalizar, en caso el encuestado considere necesario. Los datos serán protegidos y usados confidencialmente para fines académicos. El resultado de las encuestas será compartido con usted, al finalizar la investigación, a la dirección de correo que nos indique. Puede comunicarse con el responsable del proyecto al correo kevin.ronceros.p@uni.pe

Tiempo Invertido: 5 – 10 min (máximo)

Recordando que hay una frase que identifica a todos los que nos apasiona practicar la filosofía lean y sus principios.
¡Nadie sabe tanto como todos juntos!

1

Correo Electrónico

Es opcional y será el medio para enviar el resultado de la encuesta

2

Profesión *

Sus datos están protegidos, confidenciales y usados con fines académicos

- ◯ Ingenierio Civil
- ◯ Arquitecto
- ◯ Administrador
- ◯ Ingeniero Industrial
- ◯ Trabajador del sector construcción
- ◯ Otras

3

Sector en el que trabaja *

Sus datos están protegidos, confidenciales y usados con fines académicos

- ◯ Sector Público (Trabajador por cuenta ajena cuyo empleador directo es el Estado)
- ◯ Sector Privado (Trabajadores cuyo empleador no es ninguna entidad pública)

4

Experiencia laboral o profesional *

Sus datos están protegidos, confidenciales y usados con fines académicos

- ◯ 0 a 2 años
- ◯ 3 a 5 años
- ◯ 6 a 10 años
- ◯ 11 a 15 años
- ◯ Más de 15 años

5

Rol que desempeña en su proyecto u organización *

Sus datos están protegidos, confidenciales y usados con fines académicos

- ◯ Ingeniero de producción
- ◯ Ingeniero Residente de obra
- ◯ Ingeniero de planeamiento
- ◯ Ingeniero de calidad
- ◯ Ingeniero de costos, valorizaciones y afines
- ◯ Ingeniero de oficina técnica
- ◯ Ingeniero o administrador de contratos y afines
- ◯ Maestro de obra, operario o afines
- ◯ Otras

6

Tamaño de la organización donde trabaja o último trabajo *

Sus datos están protegidos, confidenciales y usados con fines académicos

- ◯ 1 a 10 personas
- ◯ 10 a 50 personas
- ◯ 50 a 250 personas
- ◯ Más de 250 personas

7

Según su opinión ¿Cómo debería iniciar la implementación de lean construction en un proyecto de construcción? *

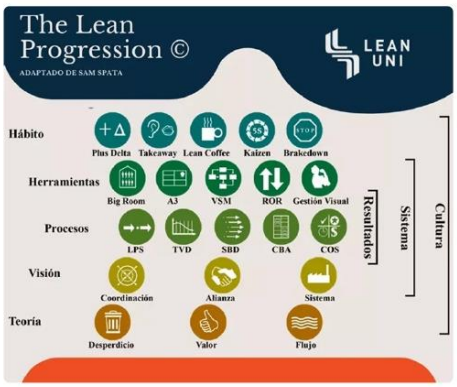
Sus datos están protegidos, confidenciales y usados con fines académicos

- ◯ A nivel cultural (Manifestación conductual)
- ◯ A nivel de actividades (Manifestación operativa)
- ◯ Mediante un diagnóstico (Nivel de Madurez)
- ◯ Capacitando y aplicando herramientas Lean gradualmente
- ◯ Otras

8

Según el Mapa de conocimiento planteado por Sam spata (Lean Progression ©) ¿Con qué frecuencia se refuerza la teoría y los hábitos que se practican en su organización o proyecto de construcción? *

Nunca=1; Ocasional=2; Regularmente=3; Frecuente=4; Muy Frecuente=5

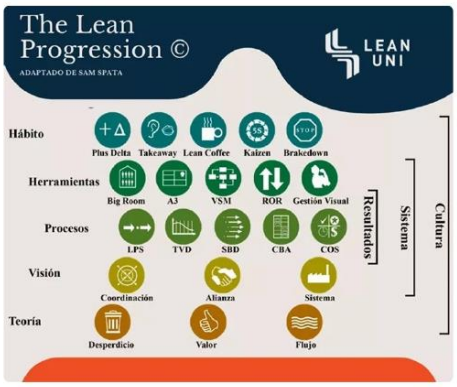


	Nunca (1)	Ocacional (2)	Regularmente (3)	Frecuente (4)	Muy Frecuente (5)
Lean coffe (Compartir Conocimiento)	○	○	○	○	○
Plus and Delta o feedback	○	○	○	○	○
Takeaway (escucha activa)	○	○	○	○	○
Kaizen (mejora continua)	○	○	○	○	○
Brakedown (pausa y aprender)	○	○	○	○	○
Identificación de Desperdicios	○	○	○	○	○
Generación de Valor	○	○	○	○	○
Identificar y Cuidar los Flujos de Producción	○	○	○	○	○

9

Según el Mapa de conocimiento planteado por Sam spata (Lean Progression ©) ¿Con qué frecuencia se practican los siguientes procesos en su organización o proyecto de construcción? *

Nunca=1; Ocasional=2; Regularmente=3; Frecuente=4; Muy Frecuente=5



	Nunca (1)	Ocacional (2)	Regularmente (3)	Frecuente (4)	Muy Frecuente (5)
Last Planner System (LPS)	○	○	○	○	○
Choosing By Advantages (CBA)	○	○	○	○	○
Target Value Delivery (TVD)	○	○	○	○	○
Set Basen Design (SBD)	○	○	○	○	○
Condiciones de satisfacción (COS)	○	○	○	○	○

10

¿Con qué frecuencia utiliza las siguientes herramientas y/o prácticas en su organización o proyecto de construcción? *

Nunca=1; Ocasional=2; Regularmente=3; Frecuente=4; Muy Frecuente=5

Nota: Al finalizar la encuesta dejaremos bibliografía para que pueda profundizar en cada una de las herramientas mencionadas

	Nunca (1)	Ocacional (2)	Regularmente (3)	Frecuente (4)	Muy Frecuente (5)
Value Stream Mapping (VSM)	○	○	○	○	○
Reporte A3	○	○	○	○	○
Make Ready (identificar restricciones)	○	○	○	○	○
Gemba Walk	○	○	○	○	○
Kanbam	○	○	○	○	○
Carta Balance	○	○	○	○	○
Nivel General de actividad	○	○	○	○	○
Plan-Do-Check-Act (PDCA)	○	○	○	○	○
Poka Yoke	○	○	○	○	○
Genchi Genbutsu	○	○	○	○	○
5 s	○	○	○	○	○
Diagrama de espagueti	○	○	○	○	○
5 porqués	○	○	○	○	○

Diagrama de Ishikawa	◯	◯	◯	◯	◯
Just in Time (JIT)	◯	◯	◯	◯	◯
5W2H	◯	◯	◯	◯	◯
Jidoka (Autocorrección de la Produc.)	◯	◯	◯	◯	◯
Heijunka (produc. Nivelada)	◯	◯	◯	◯	◯
Gestión Visual	◯	◯	◯	◯	◯
Lineas balance (LoB)	◯	◯	◯	◯	◯

11

Mencione si conoce o usa otras herramientas Lean Construction en su proyecto u organización *

Alguna herramienta o técnica no mencionada en la pregunta anterior.

21/9/23, 17:24 IDENTIFICANDO LAS PRÁCTICAS UTILIZADAS EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN

12

¿En la organización donde trabaja utilizan modelos de madurez para generar diagnósticos del estado actual de una implementación Lean? *

◯ Si

◯ No

13

En su opinión ¿Con qué frecuencia cree usted que se usan los siguientes modelos de madurez lean en la industria de la construcción peruana? *

Nunca=1; Ocasional=2; Regularmente=3; Frecuente=4; Muy Frecuente=5

Nota: Al finalizar la encuesta dejaremos bibliografía para que pueda profundizar en Modelos de Madurez Lean

	Nunca (1)	Ocacional (2)	Regularmente (3)	Frecuente (4)	Muy Frecuente (5)
LeCMM – Lean Construction Maturity Model - A New Innovative Maturity Model For Lean Construction Organisations (2014)	◯	◯	◯	◯	◯
LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016)	◯	◯	◯	◯	◯
SLC-EModel Lean construction maturity evolution model in construction project production management (2019)	◯	◯	◯	◯	◯
MMDPLC-Maturity assessment of lean principles in construction projects (2016)	◯	◯	◯	◯	◯
LCMR-Framework					

Construction Degree (2017)	○	○	○	○	○
ALC Sweis et al. (2016) Jordan	○	○	○	○	○
CC&FD for LC SMEs Tezel et al. (2017) UK	○	○	○	○	○
LCR Brandão et al. (2018) Brazil & Germany	○	○	○	○	○

14

Mencione si conoce o usa otros modelos de madurez para evaluar la implementación de lean construction *

Algún Modelo de Madurez no mencionado en la pregunta anterior

15

Indique cuales son los métodos de mejora continua que utiliza en su organización o proyecto. *

Nunca=1; Ocasional=2; Regularmente=3; Frecuente=4; Muy Frecuente=5

Nota: Al finalizar la encuesta dejaremos bibliografía para que pueda profundizar en Metodos de mejora continua

	Nunca (1)	Ocacional (2)	Regularmente (3)	Frecuente (4)	Muy Frecuente (5)
Eventos Kaizen	○	○	○	○	○
Pensamiento A3	○	○	○	○	○
Pensamiento Toyota Kata	○	○	○	○	○
Kata de Mejora	○	○	○	○	○
Kata de Entrenamiento	○	○	○	○	○
Ciclos de PDCA	○	○	○	○	○
Mecanismo de Pensamiento Científico – STM (Shingo, 2010)	○	○	○	○	○
Gestión por Objetivos (Cheetham, 1996)	○	○	○	○	○
ALT(Action Learning)-**SET**(Grupal) (Powell, 1999)	○	○	○	○	○
Six Steps of Kaizen (Kato & Smalley,	○	○	○	○	○

2011)

16

Mencione si conoce o usa otros métodos de mejora continua en su organización o proyecto. *

Algún metodo de mejora continua no mencionado en la pregunta anterior

17

En su opinión ¿Cómo considera usted el aprendizaje y aplicación de lean construction? *

- ◯ Bastante Práctico
- ◯ Fácil de aprender y aplicar
- ◯ Mucha Filosofía
- ◯ Abstracto
- ◯ Poco aplicativo
- ◯ Otras

18

¿Conoce algún metodo estructurado utilizado por su organización para gestionar la evolución de la madurez de lean construction?

Nota: Evolución de la madurez se refiere a pasar de un nivel de madurez inicial a un nivel final (nivel 1 a nivel 2)

19

Algún feedback o comentario sobre la encuesta

20

Al llenar este espacio, usted da Autorización para tratamiento de datos (Ley Peruana 29733 de 21 de junio de 2011. El artículo 5,): Autorizar al investigador a recolectar, almacenar, conservar, usar, actualizar, suprimir y procesar, mis datos de orden profesional, laboral y contacto electrónico (pregunta 1 a la pregunta 6); para fines académicos en su investigación según indica el artículo 6 de la ley de protección de datos personales. *

- ◯ Si
- ◯ No

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

ANEXO C: PERFIL PROFESIONAL DE LOS EXPERTOS CONSULTADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN

Experto (Ubicación)	Descripción
Experto N°1 (EE.UU)	Profesional con grado de Philosophical Doctor (PhD) con más de 10 años de experiencia en la industria, actual líder de calidad en DPR Construction, ex docente en la Pontificia Universidad Católica de Chile, autor principal de diversos artículos de investigación en el Group for Lean Construction (IGLC).
Experto N°2 (Chile)	Profesional con grado de Doctor (Dr.) con más de 38 años de experiencia en la industria, miembro fundador del International Group for Lean Construction (IGLC), Ha sido Profesor Universidad Estatal de Ohio, la Universidad de Salford (UK) y la Universidad Politécnica de Valencia. En el año 2008 fue nominado Shimizu Visiting Professor de la Universidad de Stanford, Autor principal de diversos artículos científicos en el IGLC, actual profesor Titular de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Católica de Chile.
Experto N°3 (Perú)	Ingeniero Civil con más de 18 años de experiencia en la industria, actual jefe de proyectos, Instructor avanzado del LCI Perú y docente de gestión de costos y control de proyectos, consultor e implementador de Lean aplicado al diseño y construcción en América Latina, dirección de proyectos de I+D+i, autor principal de diversos artículos científicos en el IGLC.
Experto N°4 (Perú)	Ejecutivo Senior de Gerencia de Construcción con más de 18 años de experiencia profesional liderando con éxito procesos clave de Gerencia de Proyectos y Consultoría en Empresas Constructoras de primer nivel. Grado académico de Master of Science in Engineering (MSE) en la University of Texas at Austin (EE.UU.). Coautor de un Modelo de Madurez para medir el grado de implementación del LPS en proyectos de Latinoamérica.
Experto N°5 (México)	Profesional con grado de MSc en Ingeniería y Gestión de la Construcción, consultor del LCI México, autor del Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC) y Líder Lean en el Grupo Chufani.
Experto N°6 (Perú)	Ingeniero Civil con más 6 años de experiencia, autor del artículo de investigación donde se utiliza el modelo de madurez del LCI Lean IPD (2016), autor del artículo "La Metodología Toyota Kata para la Gestión del Nivel de Madurez del Sistema Last Planner".
Experto N°7 (Colombia)	Profesional con grado de Maestría en Ciencias de la Administración, Especialización En Gerencia de Empresas de Ingeniería, Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, autor de más de 17 artículos de investigación, autor de 5 libros y Docente Principal en la Universidad EAFIT.
Experto N°8 (Brasil)	Profesional con grado de Philosophical Doctor (PhD) con más de 15 años de experiencia en la industria, actual director ejecutivo (CEO) en el startup www.oakoffsite.com.br, docente invitado la Universidad de Alberta (Canadá) y en la Universidad de Florida (Estados Unidos), autor principal de diversos artículos de investigación en el IGLC.
Experto N°9 (Colombia)	Profesional con grado de Doctor en Ingeniería, Docente Principal en la Universidad del Valle, autor del Modelo de Evolución de la Madurez de Lean Construction en la Gestión de Producción de Proyectos de Construcción. Autor principal de diversos artículos de investigación en el IGLC.

ANEXO D: RESULTADOS DE LA CONSULTA A LOS EXPERTOS

	EXPERTO N°1				
	Descripción Profesional	**País:**	EEUU	**Rol:**	Líder de Calidad
	Profesional con grado de Philosophical Doctor (PhD) con más de 10 años de experiencia en la industria, actual líder de calidad en DPR Construction, ex docente en la Pontificia Universidad Católica de Chile, autor principal de diversos artículos de investigación en el Group for Lean Construction (IGLC).				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	El primer paso es tener a todos los actores involucrados y asegurarse que están alineados en cuales son las metas del proyecto, describir el valor y cómo van a colaborar entre todos.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	El compromiso de las personas se requiere para mantener las practicas lean, no pasa por si solo. Hay mucha rotación en los proyectos y hay que educar constantemente a todos.			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	Es un tema de liderazgo y educación continua.			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Yo siempre parto por la cultura, que es lo que se quiere lograr, luego que estamos de acuerdo en eso podemos ir a la parte operativa.
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	Son útiles si se toman en serio por la organización y si se usan periódicamente de forma colaborativa y no como una auditoria impuesta por el cliente o alguien más.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Me parece razonable, pero depende de donde se parta ... si no hay conocimiento previo de lean es mejor partir por educar.
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016) (Más práctico de utilizar)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	creo que se debe crear un plan de acción de acuerdo con el contexto de cada proyecto
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	No conozco todos los modelos de madurez indicados en la pregunta 7, seleccione más conocidos en literatura porque no los he visto aplicados en la práctica.

	EXPERTO N°2				
	Descripción Profesional	**País:**	Chile	**Rol:**	Docente Universitario
	Profesional con grado de Doctor (Dr) con más de 38 años de experiencia en la industria, miembro fundador del International Group for Lean Construction (IGLC), Ha sido Profesor Universidad Estatal de Ohio, la Universidad de Salford (UK) y la Universidad Politécnica de Valencia. En el año 2008 fue nominado Shimizu Visiting Professor de la Universidad de Stanford, Autor principal de diversos articulos cientificos en el IGLC, actual profesor Titular de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Católica de Chile.				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	El primer paso debe ser diseñar un plan de implementación y una organización responsable de la implementación.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	Las prácticas requieren una mantención y seguimiento permanente, lo que se suele descuidar con frecuencia.			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	Se requiere una organización responsable de la implementación que evalué con una frecuencia al menos semanal el nivel de las implementaciones y que reaccioné con medidas de refuerzo cuando decaen las implementaciones. Un comité de mejoramiento con representantes de distintos niveles de la implementación suele ser eficaz en esta tarea. También el uso de "facilitadores" de la implementación que entrenan y apoyan la implementación es una buena práctica.			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Lo ideal es hacer esto en paralelo, conectando cultura, métodos y herramientas, y la filosofía Lean en forma integrada.
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	Creo que son útiles como herramientas de evaluación periódica de las organizaciones, pero no tanto en el nivel operativo de proyectos, donde se requiere de acciones más proactivas.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Puede ser útil para tener una referencia de partida.
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	-LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016) (Más práctico de utilizar)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	No
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	Me parecen muy interesantes las preguntas de la encuesta, creo que apuntan a temáticas de relevancia.

	EXPERTO N°3				
	Descripción Profesional	**País:**	Perú	**Rol:**	Jefe de Proyectos
	Ingeniero Civil con más de 18 años de experiencia en la industria, actual jefe de proyectos, Instructor avanzado del LCI Perú y docente de gestión de costos y control de proyectos, consultor e implementador de Lean aplicado al diseño y construcción en América Latina, dirección de proyectos de I+D+i, autor principal de diversos arituclos cientificos en el IGLC.				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	Elaborar un diagnóstico de desperdicios mediante fuentes de información existente.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	La sostenibilidad es directamente proporcional a la disciplina del equipo y sus lideres			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	La disciplina se mantiene mediante la rutina, una buena forma es medir la eficacia en la rutina.			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Manifestación conductual
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	Es una buena manera de establecer una línea base de diagnóstico.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Si
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	-LCMM – Lean Construction Maturity Model (2014) (Más utilizado en mi realidad) -LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016) (Más práctico de utilizar) -SLC-Emodel (2019) (Más práctico de utilizar)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	Metodologías de gestión del cambio 1 establece objetivo, 2 trabaja con agentes de cambio 3 despliega a la organización
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	Conforme

	EXPERTO N°4				
	Descripción Profesional	**País:**	Perú	**Rol:**	Ejecutivo Senior
	Ejecutivo Senior de Gerencia de Construcción con más de 18 años de experiencia profesional liderando con éxito procesos clave de Gerencia de Proyectos y Consultoría en Empresas Constructoras de primer nivel. Grado académico de Master of Science in Engineering (MSE) en la University of Texas at Austin (EE.UU.). Coautor de un Modelo de Madurez para medir el grado de implementación del LPS en proyectos de Latinoamérica.				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	Adaptar LPS al proyecto (capacitación, implementación, seguimiento)			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	Falta de Seguimiento a Nivel de Implementación desde una visión Corporativa / Falta de Acompañamiento durante la ejecución de la metodología.			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	Modelo de Madurez para la Implementación de LPS.			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Operativa (en primer lugar) y Conductual (como consecuencia de lo anterior)
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	Son una buena referencia, sin embargo en mi experiencia es mejor crear / proponer modelos ad-hoc a la experiencia de cada empresa.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Si
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	Ninguno es conocido en mi realidad
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	Si, hemos creado un modelo de madurez para implementar LPS dentro de la consultora donde laboro.
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	Ninguna

	EXPERTO N°5				
	Descripción Profesional	**País:**	México	**Rol:**	Consultor Senior
	Profesional con grado de MSc en Ingeniería y Gestión de la Construcción, consultor del LCI México, autor del Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC) y Lider Lean en el Grupo Chufani.				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	El primer paso en el camino hacia la implementación de la Filosofía, la Cultura y las Herramientas Lean en organizaciones ligadas al ámbito de la construcción, es concientizar y generar la necesidad de la Mejora Continua. Visión que se requiere desarrollar desde niveles Gerenciales y en los encargados en dirigir dicha organización. Se tienen que desarrollar habilidades blandas, como Liderazgo, Comunicación, Planeación, Trabajo en Equipo y Responsabilidad para sentar las bases de un cambio en la organización.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	Existen diversas situaciones que podrían desencadenar en dejar de lado la implementación de herramientas, algunos ejemplos serían: - Falta de madurez e interiorización de los principios Lean en los miembros internos y externos del equipo. - Compromiso integral de todos los involucrados (Clientes-Proveedores) para impulsar la filosofía y comprometerse a la implementación de las herramientas. - Falta de visión a largo plazo y análisis constante de las problemáticas, para general un control oportuno y generación de planes de mejora.			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	La sostenibilidad de diversas prácticas Lean radica en el establecimiento formal y planeado de los objetivos a conseguir, la evaluación constante de la realidad y el ajuste que se puede proyectar hacia el futuro. Se pueden aplicar Circulos Kaizen para definir estas estrategias para buscar la sostenibilidad, ya que cada proyecto enfrenta situaciones multifactoriales que no permiten la sostenibilidad (Compromiso gerencial - Recursos económicos - Capacitación - Adaptación y adecuación de herramientas - Cultura organizacional).			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	En mi opinión la manifestación conductual (cultura) permite cambiar enfoques hacia la implementación de nuevas formas de trabajo, independientemente de Lean, el desarrollo de las personas permitirá el posicionamiento y desarrollo de estrategias conducentes a la aplicación de herramientas que pudieran mejorar el desempeño organizacional y la mejora de indicadores.
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	Los modelos de madurez y en específico los desarrollados para mostrar el desarrollo de Lean Construction desde enfoques diversos, dan claridad a los lideres para entender la realidad en que se encuentran y visualizar estados futuros mejores. Son útiles desde la perspectiva que permite identificar estándares, y permiten tener una visión de mejora continua.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Como dicen los expertos "Lo que no se mide, no se controla, y lo que no se controla, no se puede mejorar", el uso de Modelos de Madurez permite ir midiendo el estado representativo en el desarrollo de la Filosofía, Cultura y Herramientas. Es esencial medir al inicio de alguna implementación, para tomarlo como base en el desarrollo de Lean y además como punto de control para valorar los resultados obtenidos al desarrollar diferentes estrategias de implementación.
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	-MMDPLC (2016) (Más utilizado en mi realidad) -SLC-Emodel (2019) (Más práctico de utilizar)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	La evolución de la madurez radica en el análisis de la realidad particular de cada organización y/o proyecto. Es importante siempre establecer seguimientos a través de controles o auditorias donde se constate las evidencias que pueden establecer cierto nivel de madurez, sobre lo cual es recomendable establecer un Plan de Mejora, estableciendo mecanismos y estrategias. Cabe resaltar que incluso cada herramienta, así como la filosofía conlleva niveles de madurez, que se deben evaluar para buscar maneras de provocar cambios positivos, con miras a establecer los resultados que busca cada organización.
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	Excelente esfuerzo para seguir impulsando el desarrollo de Lean en la construcción desde etapas tempranas de formación.

	EXPERTO N°6				
	Descripción Profesional	**País:**	Perú	**Rol:**	Oficina Técnica
	Ingeniero Civil con más 6 años de experiencia, autor del artículo de investigación donde se utiliza el modelo de madurez del LCI Lean IPD (2016), autor del artículo "La Metodología Toyota Kata para la Gestión del Nivel de Madurez del Sistema Last Planner".				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	Obtener el apoyo de la empresa, esto comprende: -Comunicar formalmente a todos los involucrado en la empresa, y dotar de autoridad al implementador. -Contar con un presupuesto de implementación (recursos humanos, recursos físicos, otros) Ya específicamente en el proceso de implementación, considero que la empresa debe de hacer de obligación el uso del Last Planner (se puede comenzar con una implementación parcial del mismo según sean los requerimientos del proyecto). Para ello se deben de estandarizar lo formatos y los involucrado del proyecto.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	He observado, que durante las últimas etapas se descuidan las practicas por una falta de control y exigencias de los mandos superiores, debido a que las personas utilizan estas herramientas por compromiso y no tiene interiorizado la cultura.			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	Mediante diagnóstico del estado de la implementación Lean (modelos de madurez) y una metodología de cambio cultural (toyota kata, eventos kaizen).			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Manifestación estratégica (a nivel de objetivos de la empresa). Después se podría seguir con la manifestación operativa (a nivel de actividades). En cuanto al cambio cultural, considero que es un proceso extenso y su resultado se aprecian a largo plazo, por lo que este se puede ir dando en paralelo con lo operativa.
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	Si, porque brindan un camino de excelencia para que una empresa busque siempre la mejora.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Si
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016) (Más práctico de utilizar)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	Toyota Kata Eventos Kaizen Ciclos rápidos PDCA
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	Me parece muy interesante enfocar tu investigación en la sostenibilidad de la aplicación de herramientas Lean, tengo algunas apreciaciones que hacer al considerar en tu investigación una empresa pequeña -Te recomendaría conocer como los procesos de apoyo de la empresa (área administrativa, logística, etc) se involucraran en el proyecto (durante la implementación), y mas importante, si están en la capacidad de dar soporte al proyecto Lean. -También tener presente que en proyectos pequeños se tiene equipos técnicos pequeños, lo que limita la disponibilidad de tiempo para la retroalimentación constante que requieren los métodos y herramientas Lean. Seria muy interesante que puedas estimar cuantas horas se requiere para realizar una planificación inicial, y cuantas horas semanales para una adecuada aplicación, y si el equipo del proyecto sera capaz de distribuirse ese trabajo.

	EXPERTO N°7				
	Descripción Profesional	**País:**	Colombia	**Rol:**	Docente de Postgrado
	Ingeniero Civil con más 6 años de experiencia, autor del artículo de investigación donde se utiliza el modelo de madurez del LCI Lean IPD (2016), autor del artículo "La Metodología Toyota Kata para la Gestión del Nivel de Madurez del Sistema Last Planner".				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	Levantamiento del mapa de procesos de la empresa y diagnóstico de la planificación y control del sistema de producción.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	Las herramientas normalmente se implementan sin conocer, entender e interiorizar los principios Lean y normalmente su utilización en este contexto se deterioran y tienden a desaparecer.			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	Mas que una metodología es el abordaje de la implementación Lean a partir de adquirir una cultura lean a partir de generar hábitos que conduzcan a implementar las herramientas de madera adecuada. También es recomendable la utilización de modelos de madurez Lean para que periódicamente se evalúe el estado de madurez de la implementación en la empresa y / o proyectos.			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Cultura
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	He utilizado durante varios años en diferentes empresas y proyectos la evaluación de madurez Lean a partir de modelos de madurez (Nesenshon , Soto), con muy buenos resultados.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Es lo recomendado y lo utiizo siempre que inicio un proceso de implementación Lean desde hace 2 años.
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	-LCMM – Lean Construction Maturity Model (2014) (Más utilizado en mi realidad) -LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016) (Más práctico de utilizar) -SLC-Emodel (2019) (Más difundido en la literatura)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	El resultado de la aplicación del modelo de madurez mostrará el estado real de la empresa y determinará los aspectos a mejorar para subir al nivel siguiente de madurez
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	Preguntas adecuadas para el objetivo del trabajo.

	EXPERTO N°8				
	Descripción Profesional	**País:**	Brasil	**Rol:**	Director Ejecutivo
	Profesional con grado de MSc en Ingeniería y Gestión de la Construcción, consultor del LCI México, autor del Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC) y Lider Lean en el Grupo Chufani.				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	Definitivamente recomiendo que comiences con el último sistema de planificación. Si logras estabilizar tu producción, estás listo para el siguiente paso.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	No tengo datos académicos para demostrar mi opinión, pero para mí el objetivo de su proyecto es entregar el alcance en el momento adecuado, con buena calidad y alcanzando el costo inicialmente planificado. La construcción lean es solo un camino para lograr este objetivo, pero la construcción lean probablemente no sea el valor más importante para su cliente.			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	La mejor manera es poner a disposición recursos financieros antes del inicio del proyecto y planificar un bono de meritocracia para el equipo si alcanzan los objetivos.			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Manifestación operativa con seguridad. Si puedes demostrarle a tu equipo el poder del cambio después de implementar Lean Construction, te pedirán cada vez más prácticas Lean y eso se convertirá en la cultura de la empresa.
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	¡Sí, son útiles! Recomiendo encarecidamente implementar un plan para mejorar el nivel de construcción lean después de los resultados del modelo de madurez.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Es una buena idea, pero no necesaria.
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	-LCMM – Lean Construction Maturity Model (2014) (Más difundido en la literatura) -LCI Lean IPD Lean Construction Institute (2016) (Más difundido en la literatura) -MMDPLC (2016) (Más difundido en la literatura) -DOLC-Lean Construction Degree (2017) (Más utilizado en mi realidad)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	No conozco una práctica específica para entregar tus conocimientos "del nivel A al B" porque la implementación de Lean Construction es un trabajo personalizado y depende de una gran cantidad de datos y posibilidades.
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	¡Es un buen cuestionario, felicidades y mucha suerte!

	EXPERTO N°9				
	Descripción Profesional	**País:**	Brasil	**Rol:**	Docente de Postgrado
	Profesional con grado de MSc en Ingeniería y Gestión de la Construcción, consultor del LCI México, autor del Modelo de Madurez para el Desarrollo de los Principios Lean Construction (MMDPLC) y Lider Lean en el Grupo Chufani.				
	PREGUNTAS	**RESPUESTA**			
EXPERIENCIA EMPIRICA	**Pregunta 1** Para un proyecto de construcción que está próximo a iniciar ¿Cuál consideraría usted, que es el primer paso para iniciar con una implementación de lean construction en el proyecto de construcción?, considere a la organización como una PYME (microempresas, pequeñas y medianas empresas) que utiliza algunas herramientas lean debido a la popularidad de algunas de estas en la industria.	Conocer el estado de madurez de las áreas de la empresa, las empresas por lo general cuentan con desarrollos básicos de LC sin declarar que estos sean LC.			
	Pregunta 2 En diversas investigaciones publicadas en el IGLC, se menciona que hay una falta de sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción. Según Soto Becerra (2016), en un seguimiento de proyectos de su país (Chile), reportó que el Sistema Last Planner® funcionaba durante el 70-80% del proyecto, pero su efecto decaía a medida que se llega a la parte final de las obras. Esta problemática local, mostró ser similar a los casos reportados en otras partes del mundo. Aparentemente las prácticas lean no son sostenibles en el tiempo en un porcentaje importante de los proyectos de construcción. Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Cuáles serían las razones principales de la falta de sostenibilidad de las herramientas lean en el tiempo?	1. Alta rotación de personal en obra 2. Bajo nivel de estandarización y rutinas para el desarrollo de la herramienta			
BUENAS PRÁCTICAS	**Pregunta 3** En relación con el enunciado anterior, ¿Conoce usted metodologías o estrategias que permitan facilitar la sostenibilidad de las prácticas lean durante la ejecución de un proyecto de construcción? ¿Cuáles son esas metodologias? ¿Cómo están estructuradas?	Una forma de trabajar es la motivación constante del equipo de trabajo, esto implica formación permanente, reconocimiento de la labor y estandarización del trabajo.			

	Problema 4 Para un proyecto de construcción con una organización que no conoce sobre Lean Construction de forma consciente. En su opinión, por cuál de las siguientes manifestaciones se debería iniciar cuando se quiere una implementación progresiva de lean. -Manifestación operativa (a nivel de actividades) -Manifestación conductual (cultura) -Otras manifestaciones (detallar)	Una de las alertas es el no cumplimiento de las rutinas de reuniones y de los compromisos para llegar a dichas reuniones, esto definitivamente compromete el resultado del trabajo.
MODELOS DE MADUREZ	**Pregunta 5** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Qué opinión tiene sobre los modelos de madurez lean existentes en la literatura? ¿son útiles? ¿no son útiles? ¿Por qué?	No creo que sean usados, no se reconoce su importancia, además que sin avances significativos en la implementación de LC no se reconoce la necesidad de estos modelos.
	Preguntas 6 ¿Considera necesario evaluar el nivel de madurez lean de un proyecto antes de iniciar con una implementación?	Si, se debe realizar un primer reconocimiento de la madurez en diferentes aspectos de la empresa que luego serán reconocidos en la madurez de LC.
	Pregunta 7 Como califica usted a los siguientes modelos de madurez. 1 (Más utilizado en mi realidad) 2 (Más práctico de utilizar) 3 (Más difundido en la literatura) 4 (No es conocido en mi realidad).	-LCMM – Lean Construction Maturity Model (2014) (Más difundido en la literatura) -SLC-Emodel (2019) (Más difundido en la literatura) -LCMR (2018) (Más difundido en la literatura)
MEJORA CONTINUA	**Pregunta 8** Según su experiencia académica y/o práctica, ¿Conoce usted metodologías que permitan orientar la evolución de la madurez de un estado actual a un estado deseado? ¿Cuáles son esas metodologias?¿Cómo están estructuradas?	Nessenson 2014, Cano 2019 y otras de otros ámbitos. Ellos se estructuran por niveles, entre 3 y 5 niveles de madurez, los más comunes 5 niveles
FEEDBACK	¿Tiene algún Feeadback sobre la forma o contenido de la encuesta?	si

ANEXO E: RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A LOS 85 PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN LOCAL.

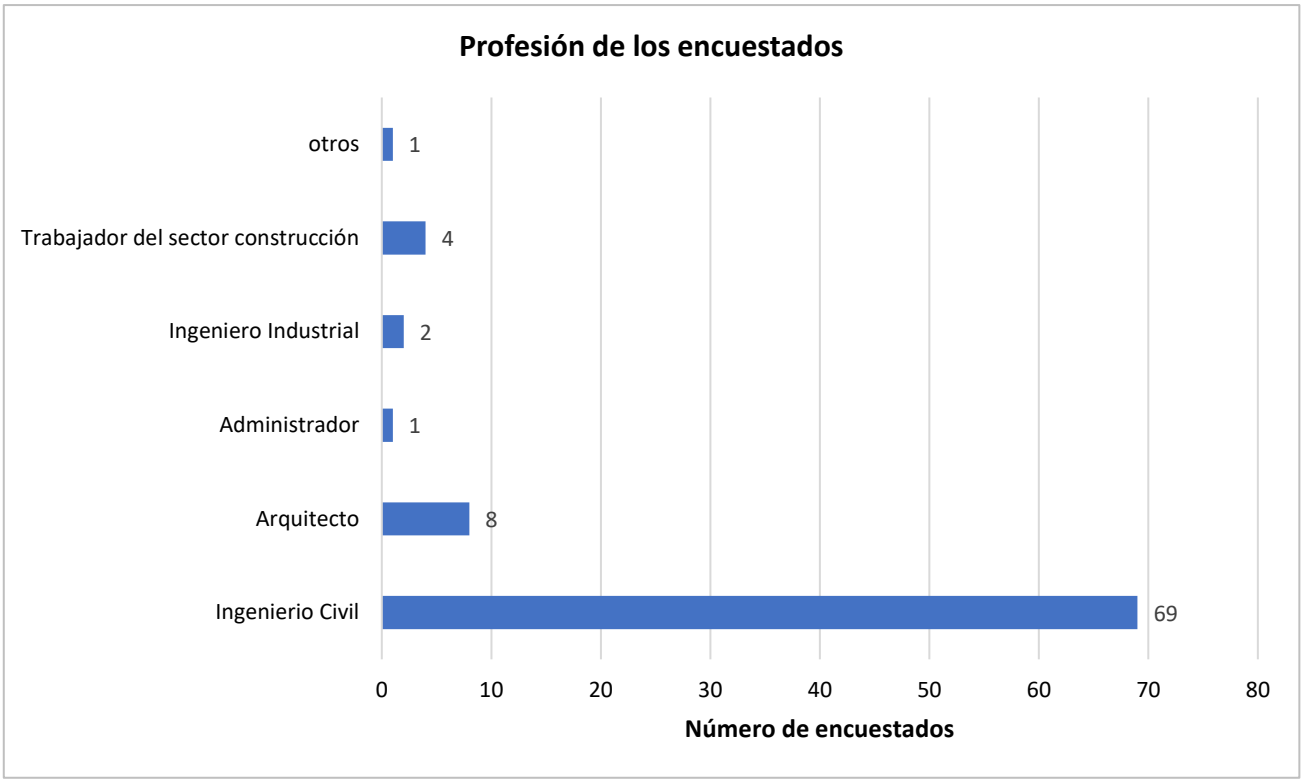


Figura N° E.1: Profesiones de los encuestados

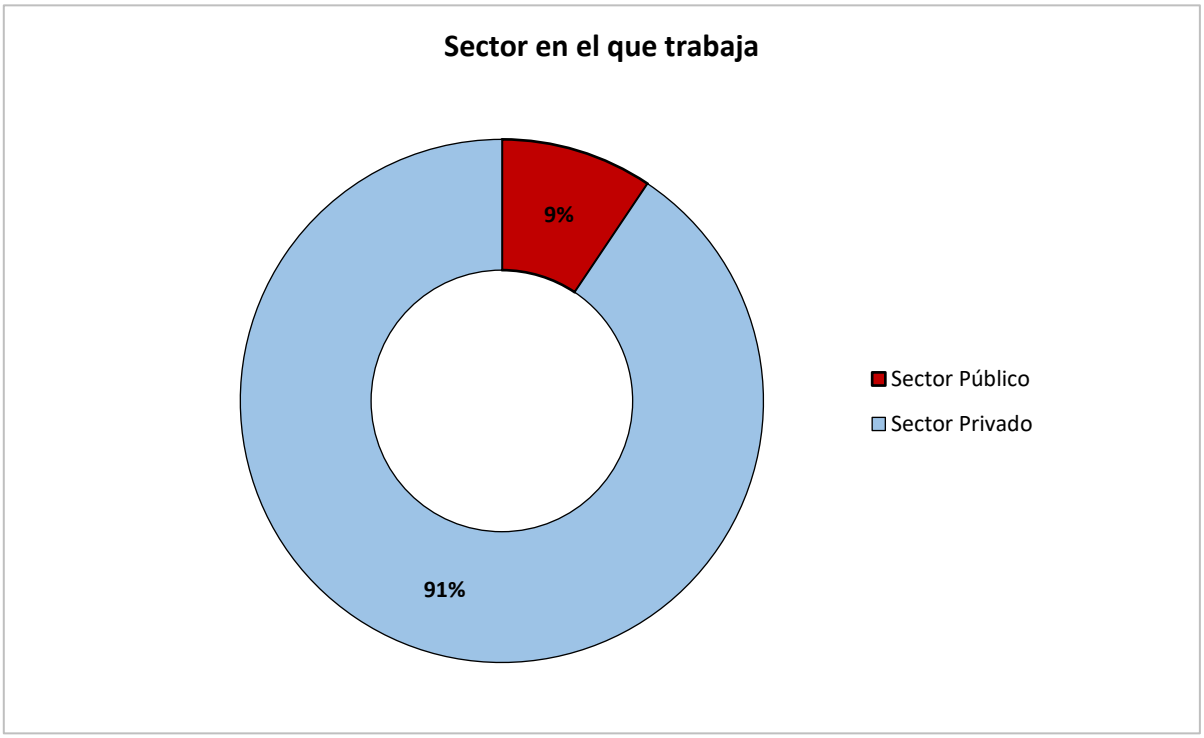


Figura N° E.2: Sector de trabajo de los encuestados

Figura N° E.3: Experiencia laboral de los profesionales encuestados

Figura N° E.4: Rol en el que se desempeña los encuestados

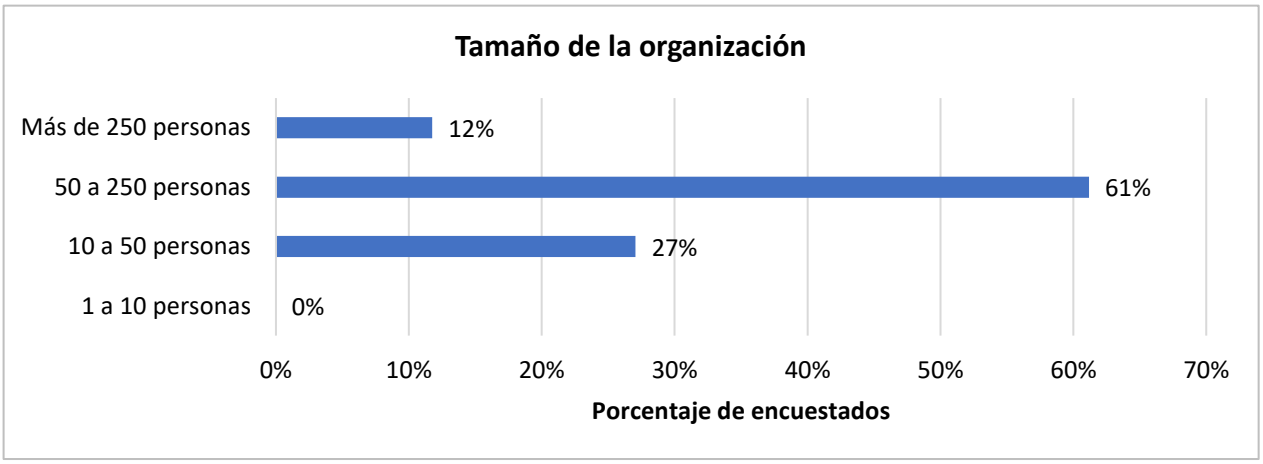


Figura N° E.5: Tamaño de la organización en el que trabajan los encuestados

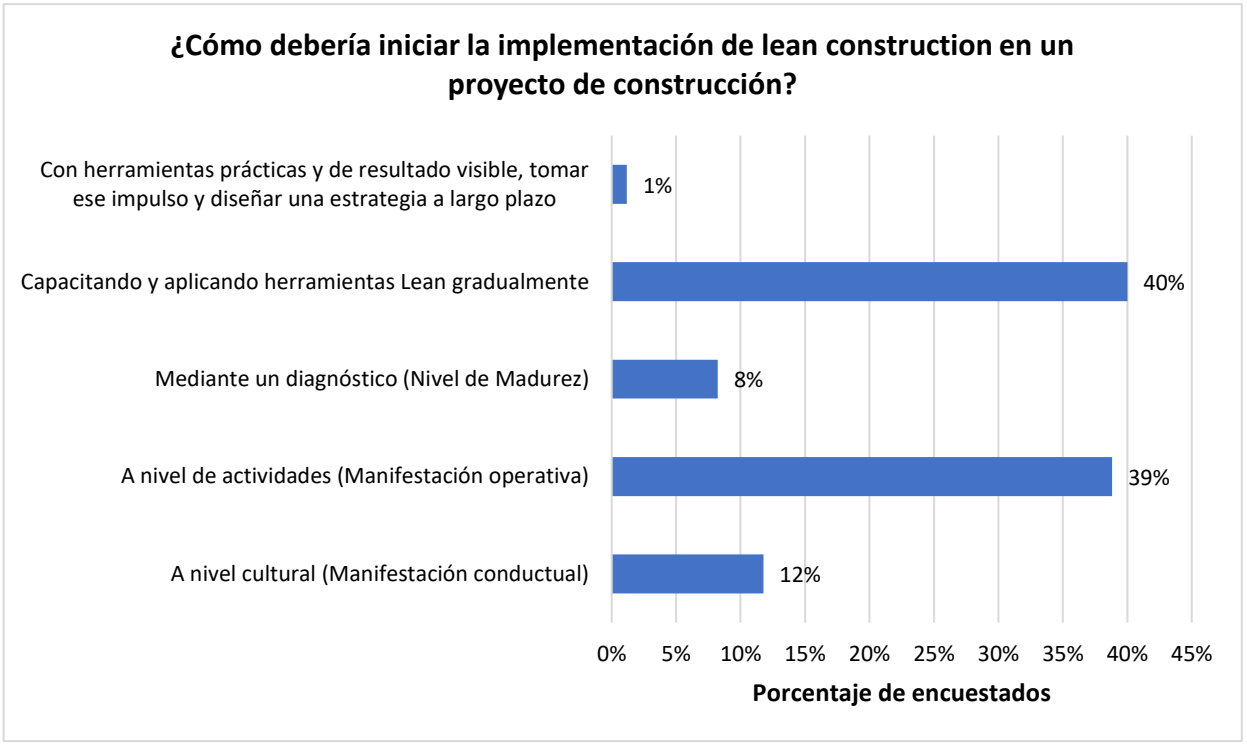


Figura N° E.6: Como iniciar con una implementación Lean

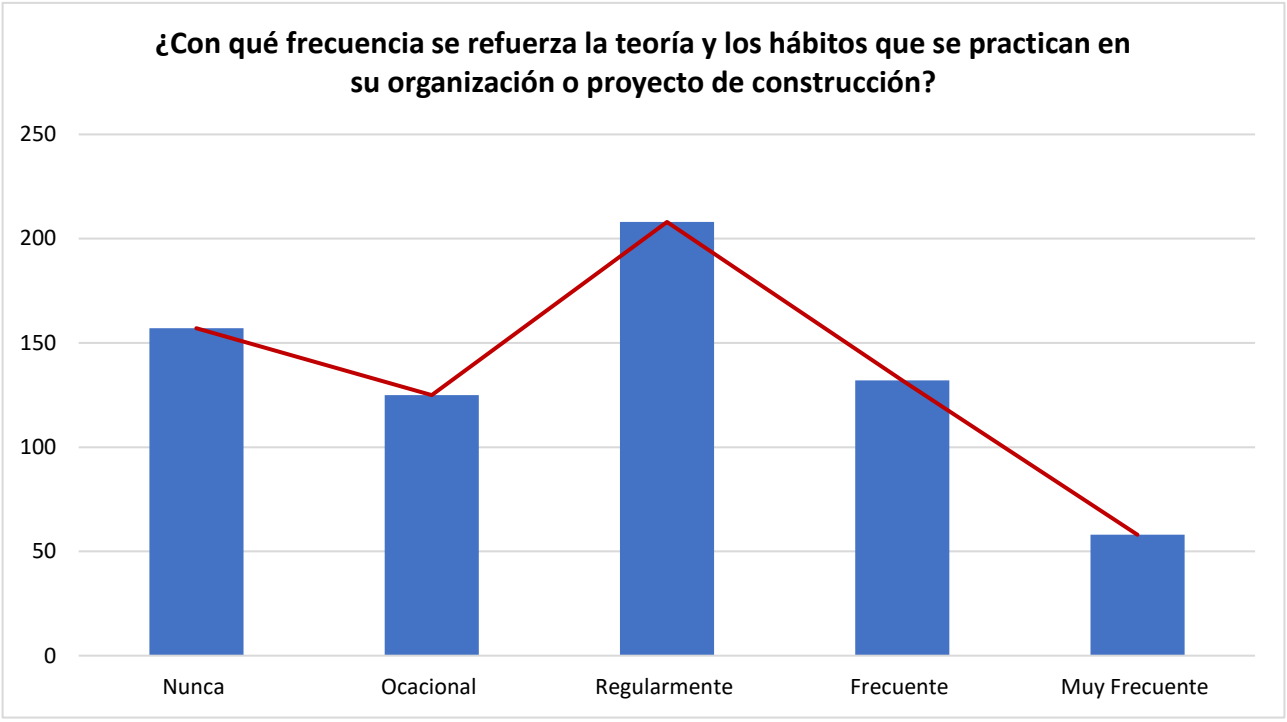


Figura N° E.7: Respuesta a la pregunta de forma global

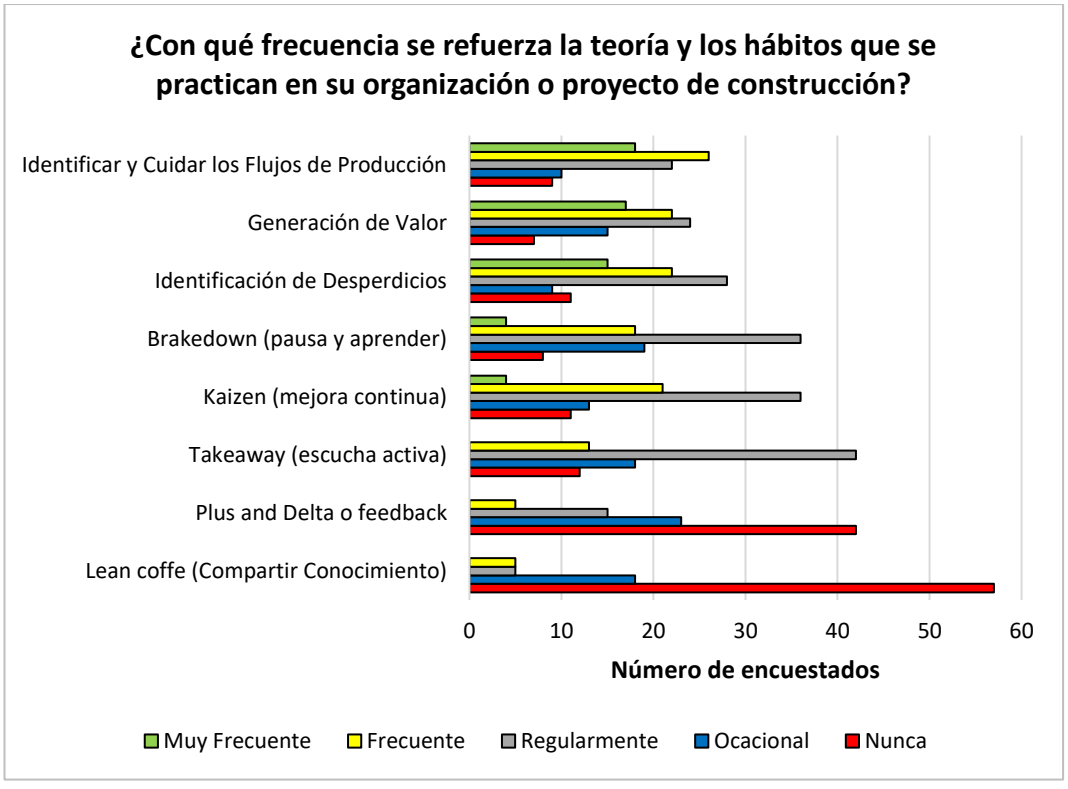


Figura N° E.8: Respuesta a la pregunta de forma individual

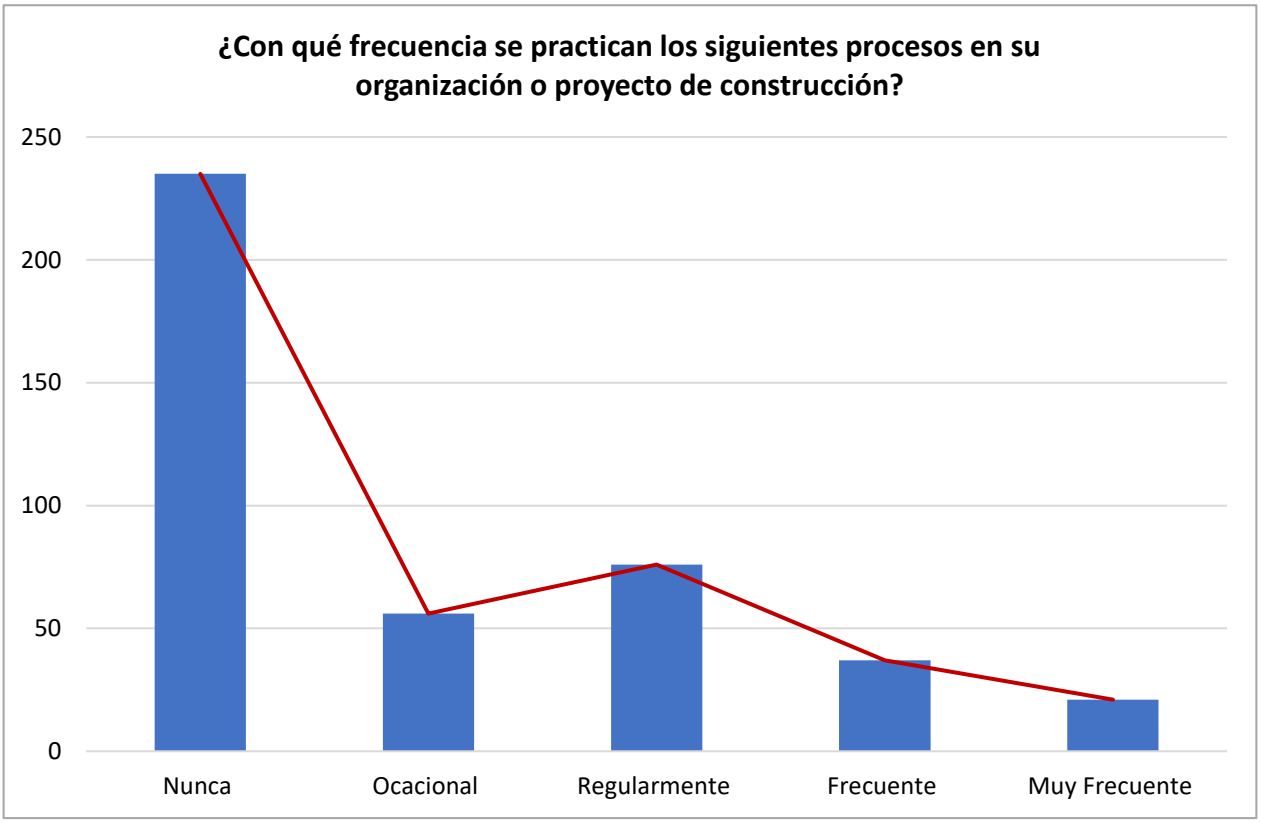


Figura N° E.9: Respuesta a la pregunta de forma global

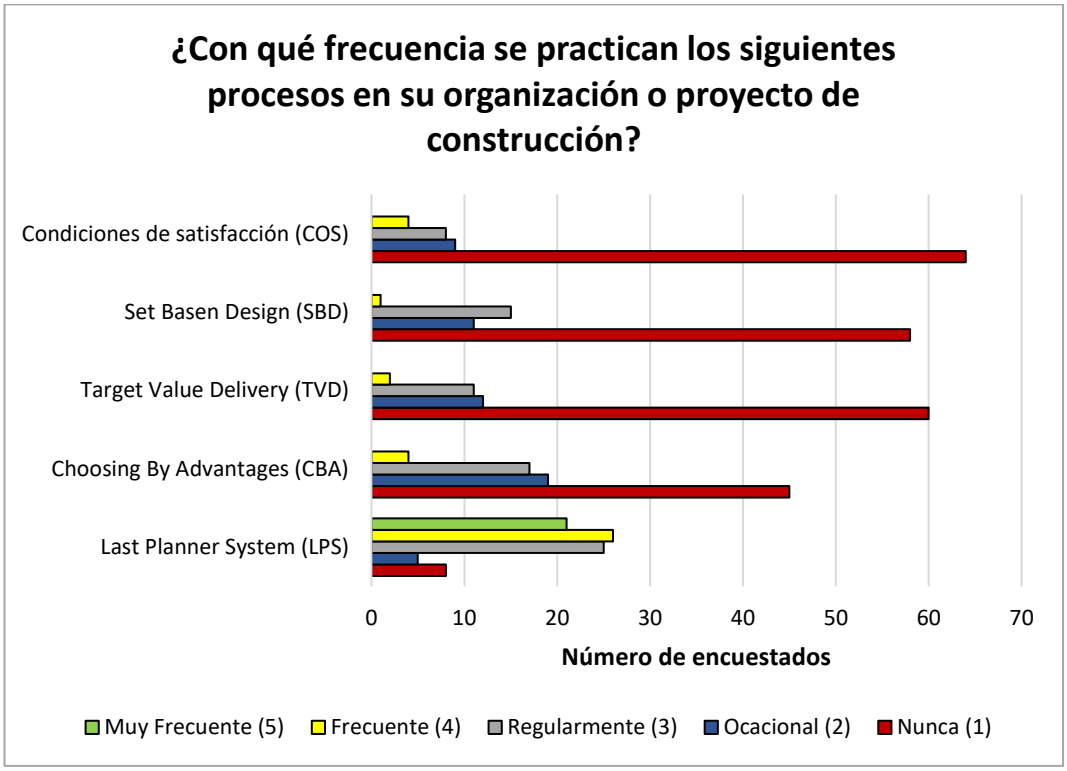


Figura N° E.10: Respuesta a la pregunta de forma individual

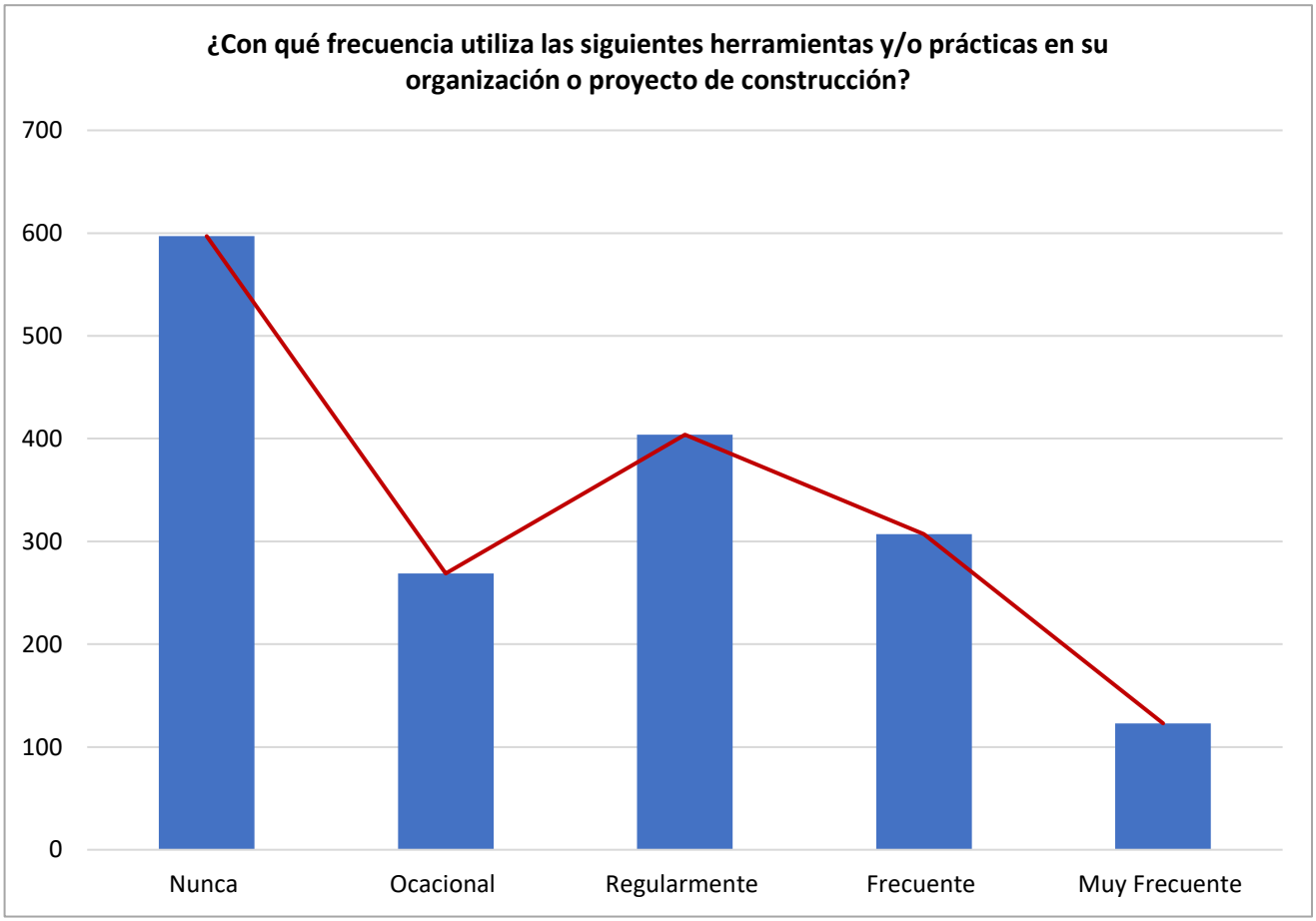


Figura N° E.11: Respuesta a la pregunta de forma global

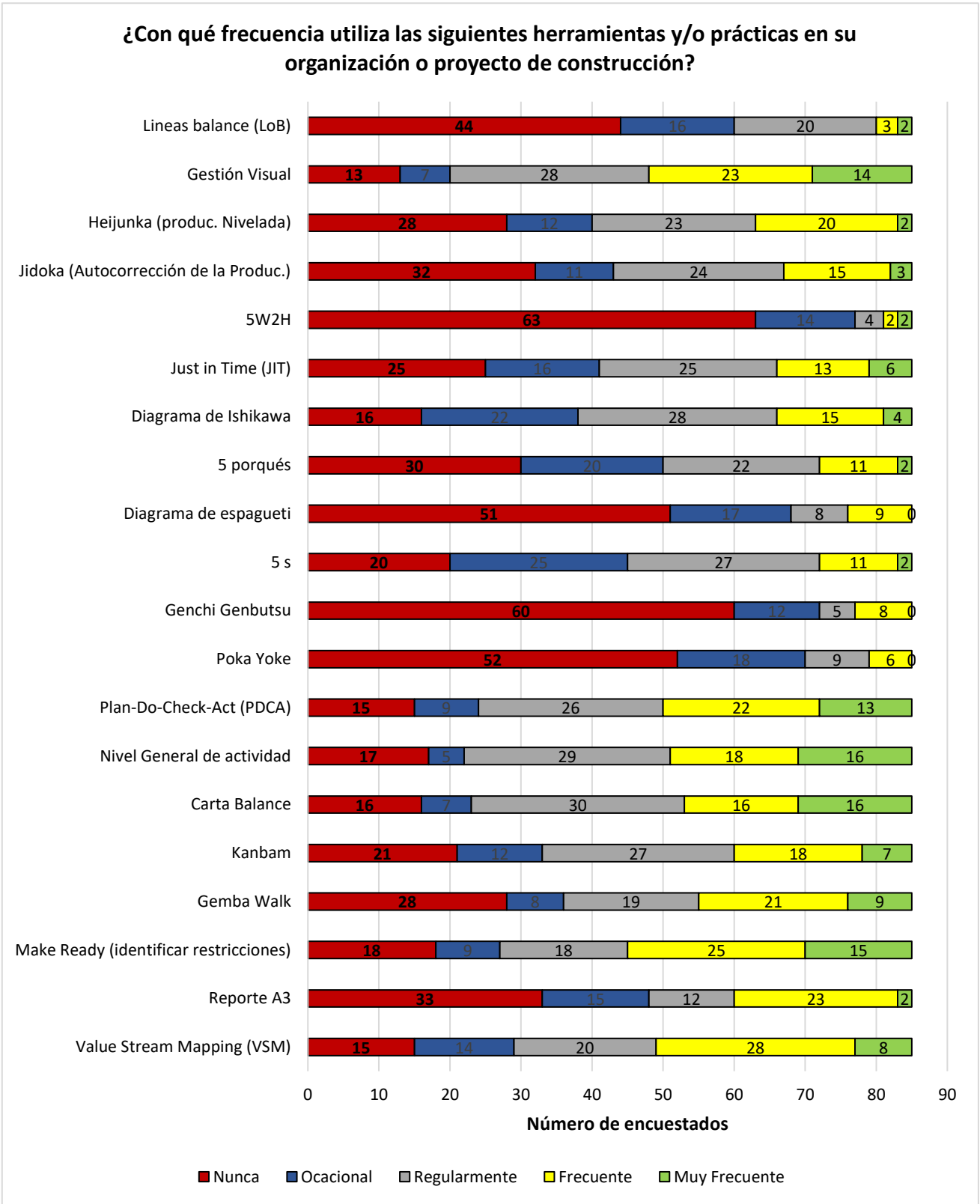


Figura N° E.12: Respuesta a la pregunta de forma individual

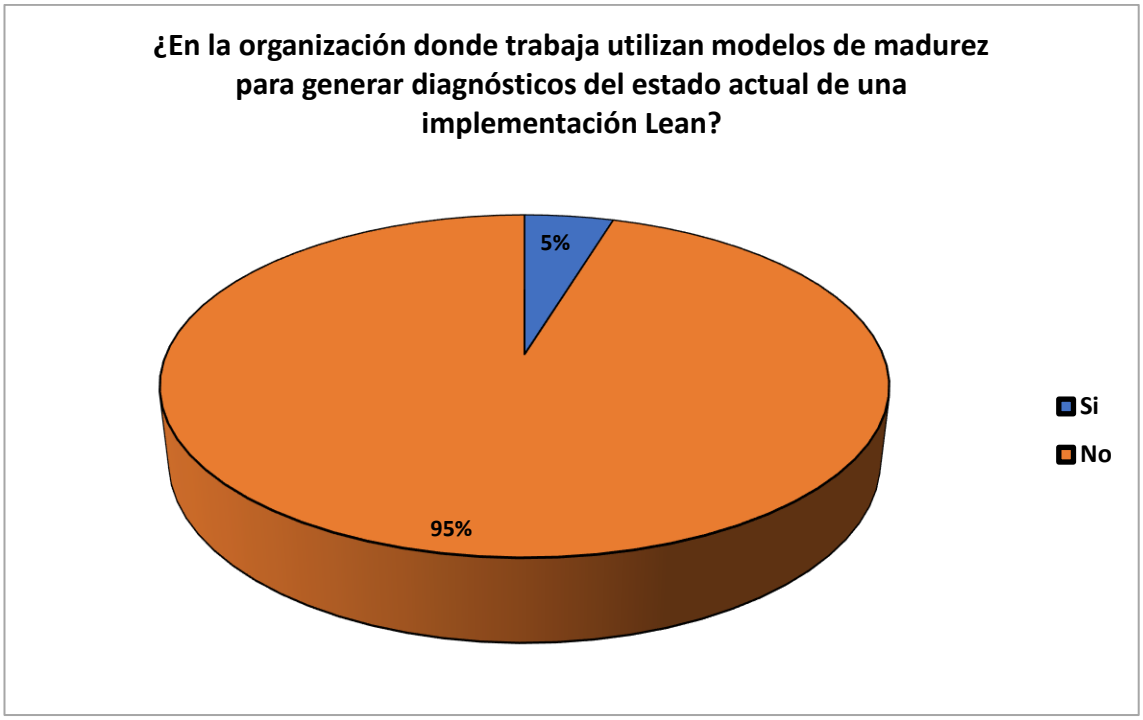


Figura N° E.13: Respuesta sobre el uso de los modelos de madurez

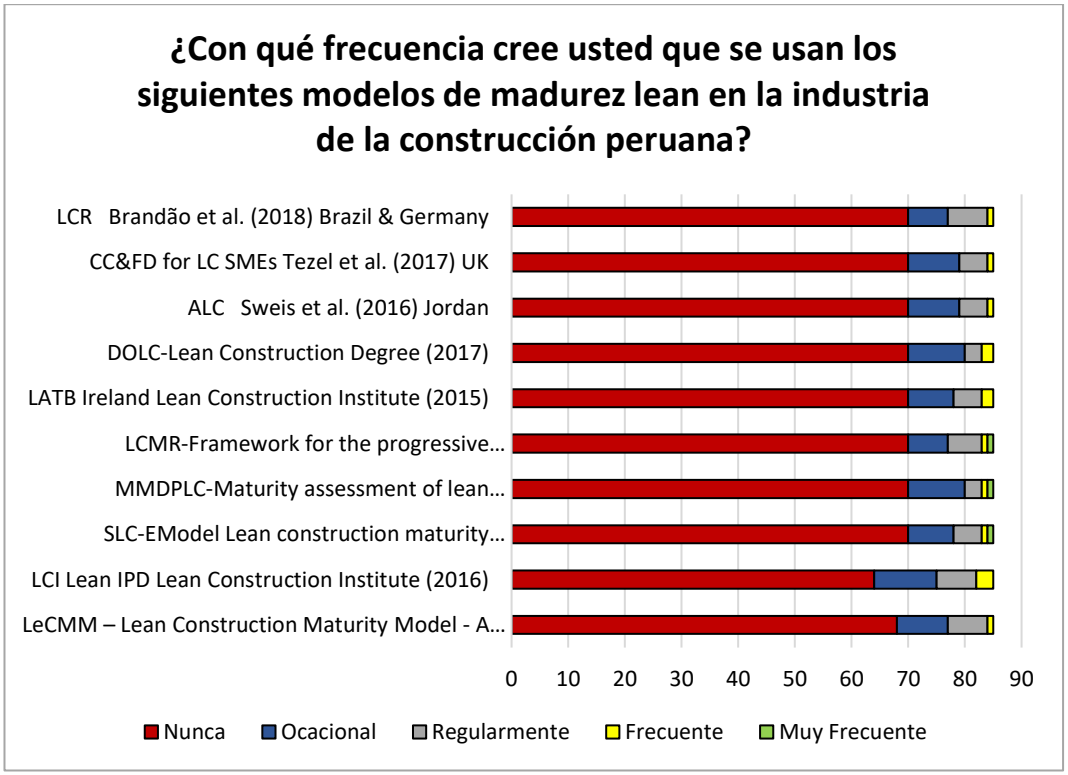


Figura N° E.14: Respuesta sobre la frecuencia de uso de los modelos de madurez

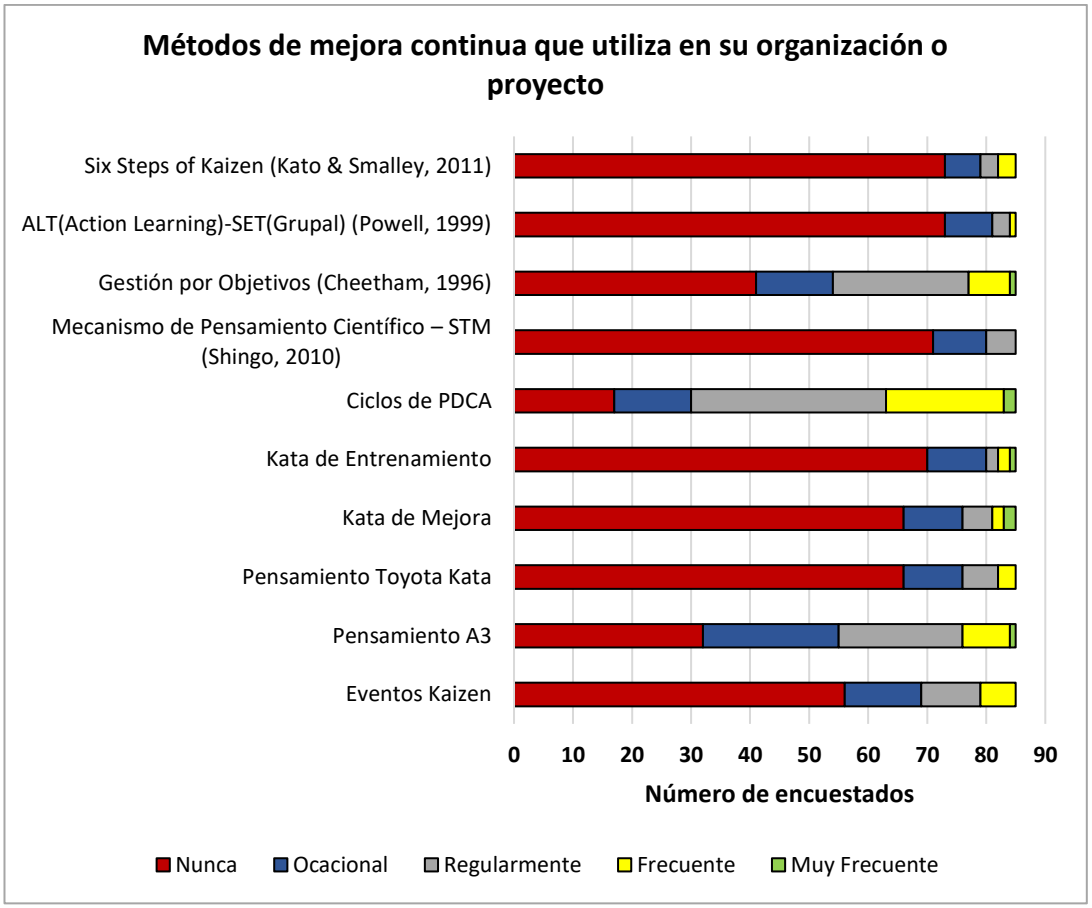


Figura N° E.15: Respuesta sobre la frecuencia de uso de los métodos de mejora continua

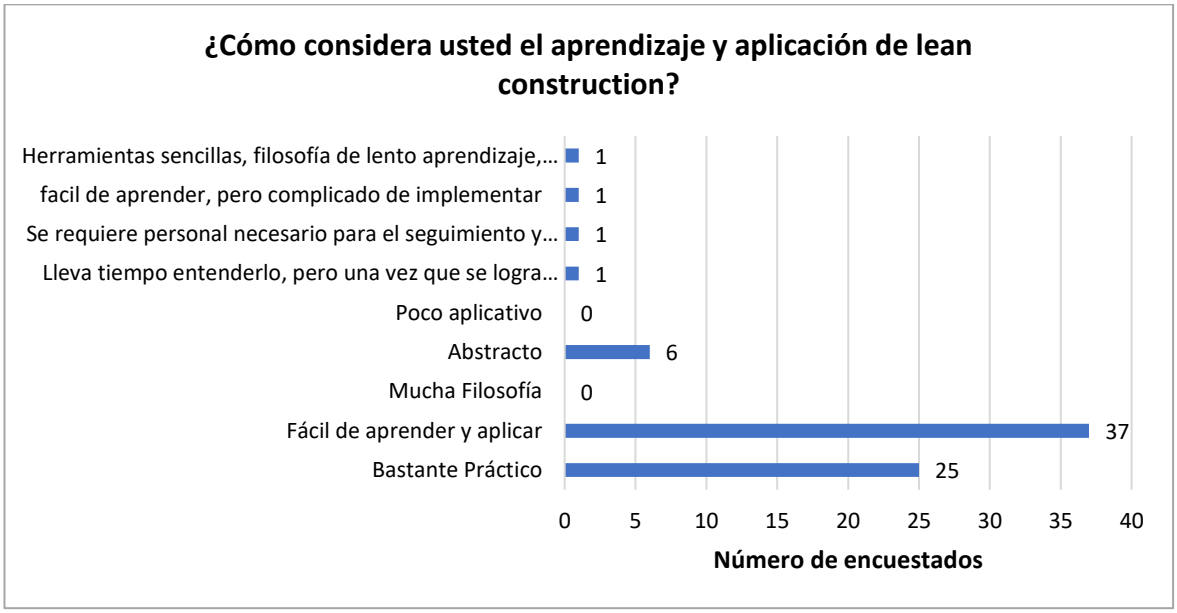


Figura N° E.16: Respuesta sobre el aprendizaje y aplicación de Lean Construction

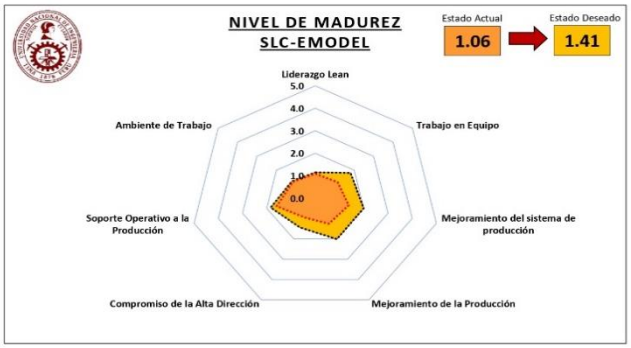
ANEXO F: EVALUACIÓN DE LA MADUREZ POR FACTORES Y ATRIBUTOS

FIC-UNI

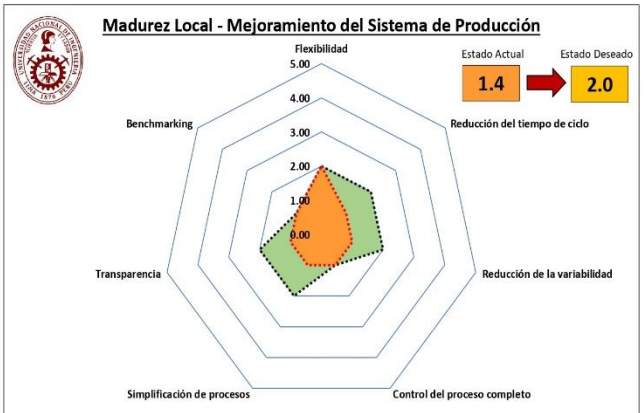
EVALUCIÓN DE LA MADUREZ LEAN A NIVEL DE OPERACIONES - MODELO DE MADUREZ SLC-EMODEL

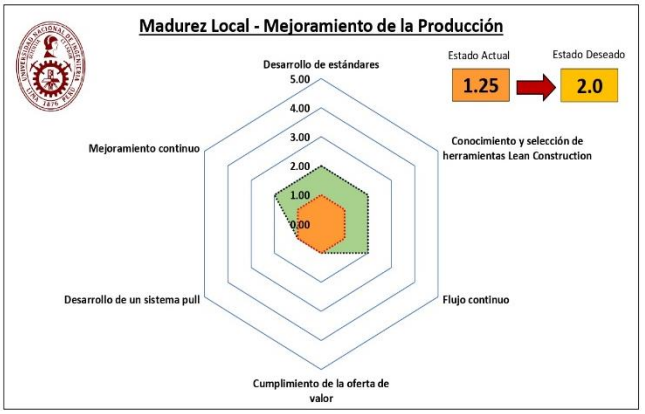
Codigo	
Versión	
Fecha	

Area		Inicial	Repetible	Sistematico	Gestionado	Desafiado
Responsable						
Categoria	Pregunta	1	2	3	4	5
Liderazgo Lean						1.1
1.1	x_{19} Formación en la filosofía LC	✓				
	x_{20} Cultura Lean	✓				
	x_{21} Crecimiento y desarrollo de líderes Lean	✓				
	x_{22} Valores y visión personal	✓				
Trabajo en Equipo						1.2
1.2	x_1 Promoción y desarrollo de Lean Construction	✓				
	x_2 Solución de problemas y aprendizaje continuo	✓				
	x_3 Procesos de trabajo en equipo	✓				
	x_4 Desarrollo de los equipos de trabajo	✓				
	x_5 Promoción de la mejora continua	✓				
Mejoramiento del sistema de producción						1.4
1.4	x_{23} Flexibilidad		✓			
	x_{24} Reducción del tiempo de ciclo	✓				
	x_{25} Reducción de la variabilidad	✓				
	x_{26} Control del proceso completo	✓				
	x_{27} Simplificación de procesos	✓				
	x_{28} Transparencia	✓				
	x_{29} Benchmarking	✓				



Mejoramiento de la Producción								1.3
1.3	x_{30}	Desarrollo de estándares	✓					
	x_{31}	Conocimiento y selección de herramientas Lean Construction	✓					
	x_{32}	Flujo continuo	✓					
	x_{33}	Cumplimiento de la oferta de valor	✓					
	x_{34}	Desarrollo de un sistema pull	✓					
	x_{35}	Mejoramiento continuo	✓					
Compromiso de la Alta Dirección								1.0
1.0	23	Definición y despliegue de la política y la estrategia para apoyar la construcción Lean	✓					
	24	Apoyo continuo para el desarrollo de un sistema de producción Lean Construction	✓					
	25	Enfoque en la filosofía	✓					
	26	Resultados del negocio	✓					
Soporte Operativo a la Producción								1.6
1.6	x_{13}	Gestión del conocimiento	✓					
	x_{14}	Operaciones logísticas	✓					
	x_{15}	Proceso de gestión contractual		✓				
	x_{16}	Implementación de un sistema de gestión	✓					
	x_{17}	Sistemas de información	✓					
	x_{18}	Apoyo al proyecto con los procesos de organización		✓				
Ambiente de Trabajo								1.2
1.2	x_6	Participación de las personas en la construcción del ambiente de trabajo	✓					
	x_7	Interacción en el entorno de trabajo	✓					
	x_8	Aprendizaje y entrenamiento para la seguridad en el sitio de trabajo	✓					



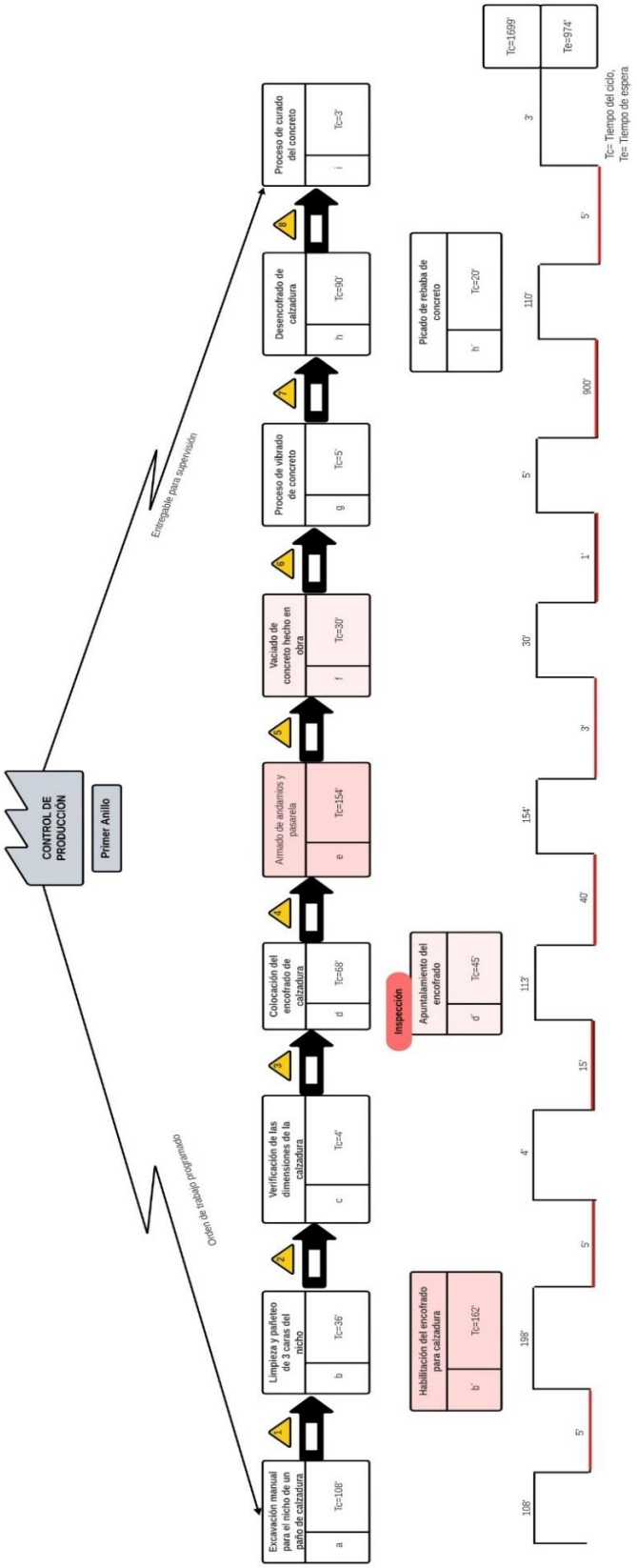


ANEXO G: RESUMEN DE LOS EVENTOS KAIZEN

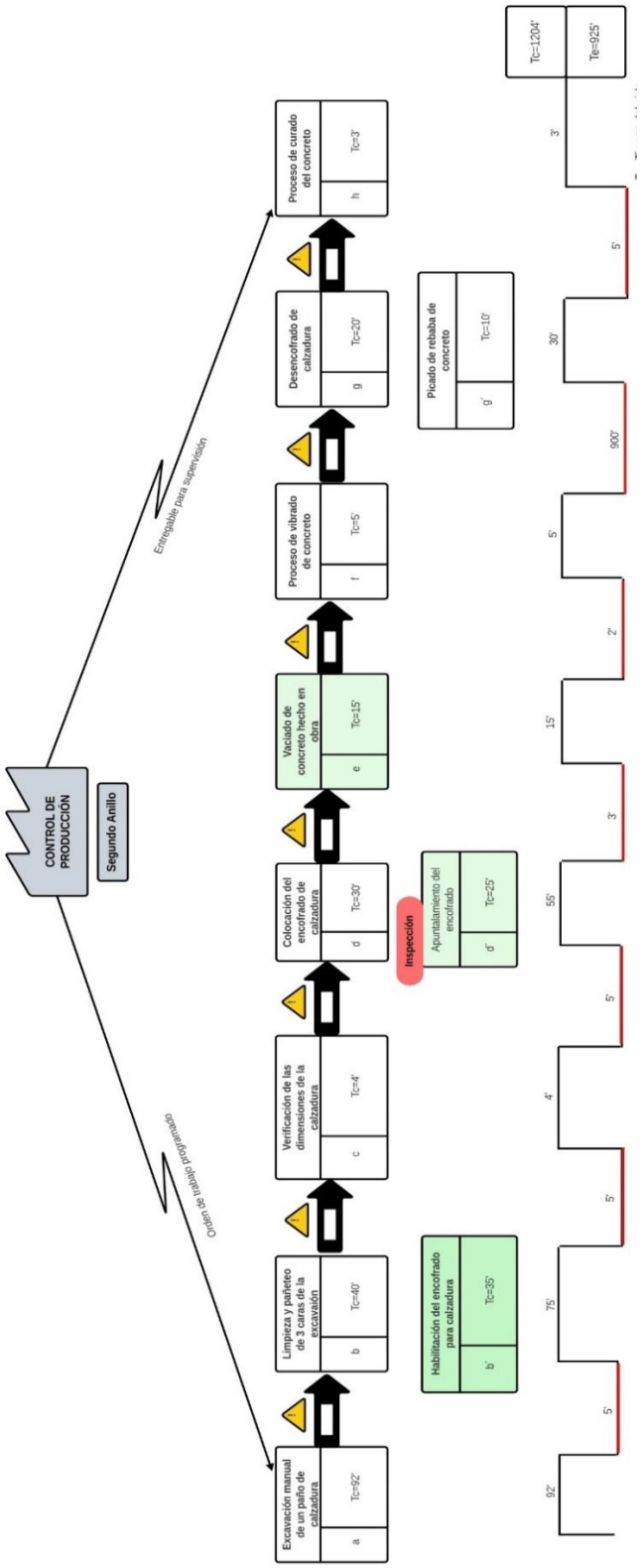
Desafío: **Desarrollo de la Madurez a Nivel 2 (Repetible)**			**Condición Objetivo N°1** Registro del Evento Kaizen			
Elementos	**Condición Actual**	**Condición Objetivo**	**Identificar el Problema**	**Acción Planeada**	**¿Qué se espera?**	**¿Qué se hizo?**	**¿Qué se aprende?**
Reducción del tiempo de ciclo	**Nivel 1: Inicial** La duración y control del ciclo de producción está dado por la experiencia del maestro de obra.	**Nivel 2: Repetible** Se establecen estandares para realizar mediciones al ciclo de producción.	No se analiza el tiempo del ciclo de producción para un mismo paquete de trabajo.	Se elaboran formatos para el estudio de tiempos y movimientos del personal en cada uno de los procesos que conforman el ciclo de producción de calzadura.	Se espera identificar los procesos que tienen mayor duranción dentro del ciclo de producción y conocer la distribución del TP, TC, TNC.	Se elaboró una carta balance para la cuadrilla de construcción de calzaduras	Conocer las duración de las actividades que conforman un ciclo de producción permite identificar oportunidades de mejora.
Reducción de la variabilidad	**Nivel 1: Inicial** Es controlada de manera reactiva, el control de la varibilidad solo se enfoca en la actividad previa y es gestionado de forma aislada en la cabeza de los responsables de la producción.	**Nivel 2: Repetible** Se establecen estandares para gestionar los 7 flujos principales y definir Buffer's	No se identifican ni liberan restricciones previo a la ejecución de una actividad. No hay noción del uso de Buffer's que pueda amortiguar la variabilidad.	Se capacita y se desarrollan formatos amigables para Gestionar las restricciones en obra. Ademas, explicar sobre el concepto de los Buffer's en el sistema productivo.	Se espera tener un listado de causas de no cumplimiento (CNC), restricciones no liberadas, y el indicador PCR (% de cumplimiento de restricciones)	Se realizó un Make Ready (Analisis de los 7 flujos) al inicio de cada semana. Ademas de utilizar un buffer de capacidad en el sistema de producción.	Previo a la reunón colaborativa para elaborar el Make Ready, los involucrados deben contar con toda la información necesaria a su alcance.
Simplificación de procesos	**Nivel 1: Inicial** El flujo de producción está plasmado en la cabeza de los gestores de la producción. La simplificación de procesos es una práctica empírica y poco habitual.	**Nivel 2: Repetible** Se establecen estandares para mapear la cadena de producción e identificar el proceso que no aporta valor al flujo.	No se registran intentos por reducir el flujo de procesos, no se evidencia el uso de indicadores del desempeño en la producción.	Se elaboran formatos para plasmar el flujo de procesos del sistema de producción.	Se espera identificar los desperdicios o procesos que no aportan valor al entregable final.	Se elaboró un Value String Mapping (VSM) actual y futuro para optimizar el tiempo del ciclo de producción.	Plasmar el flujo de procesos del sistema de producción (Proceso Constructivo de la Calzadura) ayuda a visualizar mejor las oportunidades de mejora.
Transparencia	**Nivel 1: Inicial** Las decisiones, compromisos y metas del sistema de producción no se hacen publicas. El equipo de producción no utiliza el mural de los trabajadores para comunicar lo planificado.	**Nivel 2: Repetible** Se establecen paneles donde se plasma con mayor frecuencia la programación de la semana, graficos, planos, sectores e indicadores del sistema de producción.	No se cuenta con un espacio fisico donde se pueda realizar una gestión visual de lo planificado y acordado con el equipo de producción.	Elaborar paneles visuales que permitan transmitir toda la información sobre la gestión de sistema de producción.	Se espera que todo el personal de obra pueda visualizar y aportar con opiniones en la resolución de problemas. La exhibición pública de la información es para involucrar a todo el personal en un mismo objetivo.	Se implemntó una sala de planificación o Big Room, donde se generó los compromisos y la confianza a traves de la entrega de promesas.	Tener una sala de planificación permitió generar compromisos confiables entre los miembros del equipo de producción. Gestión visual ayudó a incentivar la transferencia de información a los trabajadores.

Desafío: **Desarrollo de la Madurez a Nivel 2 (Repetible)**			**Condición Objetivo N°1**				
			Registro del Evento Kaizen				
Elementos	**Condición Actual**	**Condición Objetivo**	**Identificar el Problema**	**Acción Planeada**	**¿Qué se espera?**	**¿Qué se hizo?**	**¿Qué se aprende?**
Desarrollo de estándares	**Nivel 1: Inicial** Los trabajos son desarrollados sin el control de estándares o manuales que ayuden a comprender mejor el procedimiento de trabajo.	**Nivel 2: Repetible** Se establecen protocolos para realizar medición y control de algunas actividades.	No se cuenta con protocolos de trabajo que ayuden a mejorar la realización y medición de las actividades del sistema de producción.	Se elaboran formatos para el estudio de tiempos y movimientos del personal en cada uno de los procesos que conforman el ciclo de producción de la calzadura.	Los protocolos de trabajo ayudaran a gestionar mejor el sistema de producción	Se elaboró formatos para identificación y liberación de restricciones, formatos para carta balance, formato para VSM, ordenes de trabajo.	El desarrollo de estandares permitio facilitar la gestión del sistema de producción.
Conocimiento y selección de herramientas Lean Construction	**Nivel 1: Inicial** Sin conocimiento específico o intento por utilizar herramientas de LC en la ejecución de actividades.	**Nivel 2: Repetible** Se evidencian iniciativas para comenzar a utilizar herramientas de LC.	Casi la totalidad del personal y equipo técnico de la obra, desconoce sobre LC y la forma de trabajo es tradiconal.	Se implusa una adopción de herramientas de LC a nivel de operaciones (manifestación operativa)	Se espera que el aprendizaje de LC, en la etapas iniciales, se desarrolle mediante la práctica del dia a dia en los encargados de la producción. Mediante un aprendizaje inconsciente, para evitar la resistencia al cambio.	Se explicó y se desarrolló ciertas prácticas basicas de LC. Mediante formatos simples y amigables que cualquier persona podria utilizar.	En las organizaciones inmaduras y con resistencia al cambio. Se debe desarrollar una adopción de LC de manera indirecta en la gestión operativa. Los resultados atraen la curiosidad de profundizar en el conocimiento de LC.
Flujo continuo	**Nivel 1: Inicial** El equipo de producción no tiene un entendimiento conciso sobre la importancia de mantener el flujo de proceso	**Nivel 2: Repetible** El quipo de producción mapea el flujo de procesos e intenta cuidarlo sin importar al presencia de desperdicios en la cadena de valor.	No se mapea ni se analiza el flujo de procesos en el sistema de producción de calzaduras.	Elaborar un mapeo de la cadena de valor para la construcción de calzaduras y elaborar un Make Ready para cada semana previa.	Se espera identificar y liberar todas las restricciones en los 7 flujos del Make Ready. Para eliminar la variabilidad que evite un flujo continuo.	Se realizó indentificación y liberación de las restricciones (Make Ready) semana a semana.	Los formatos de Make Ready permiten ordenar y ampliar el panorama de las posibles eventualidades que podrian detener el flujo de producción en la obra.
Mejoramiento continuo	**Nivel 1: Inicial** No se evidencia un intento por buscar mejores formas de realizar los trabajos e intentar optimizar el flujo de producción.	**Nivel 2: Repetible** Se evidencia la adopción de comportamientos en el equipo de producción, orientados a la busqueda de problemas y resolución de las mismas.	No hay una predisposición de querer invertir tiempo buscando mejores formas de realizar el trabajo. La estructura organizacional de la obra ocasiona que el asistente de producción asuma varios roles.	Impulsar de manera inconsciente la necesidad de buscar problemas y resolverlos de forma proactiva.	Se espera que el equipo de producción adquiera patrones de conducta que se convertirán con el tiempo en comportamientos aprendidos, y estos mismos en hábitos.	Se realizaron eventos Kaizen estructurados aplicado al frente de trabajo de la construcción de calzaduras.	La busqueda de mejores formas de trabajo, se impulsa más cuando hay un reconocimiento de la mejora desarrollada.

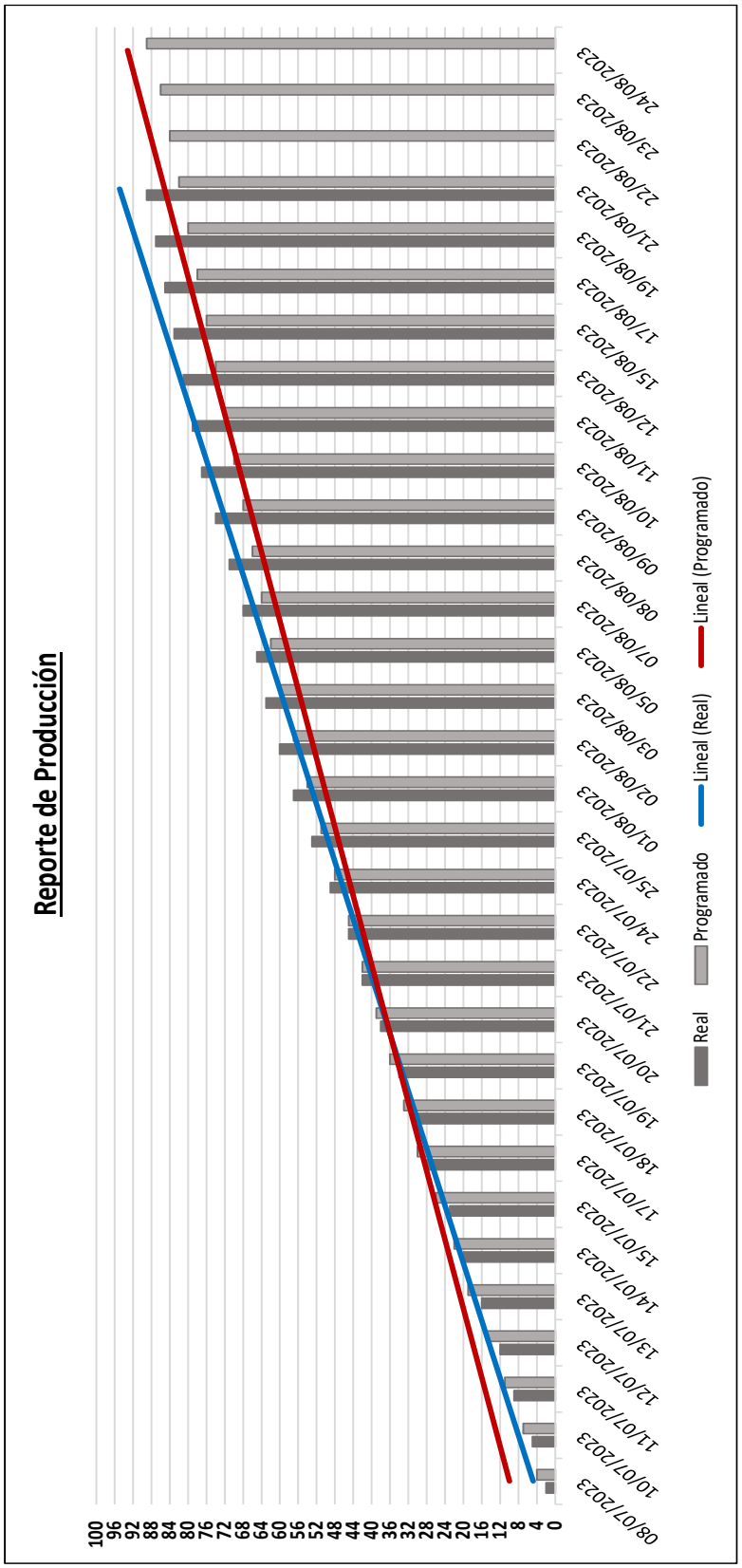
ANEXO H: Flujo de procesos de la construcción de calzaduras, antes del evento Kaizen (VSM inicial).



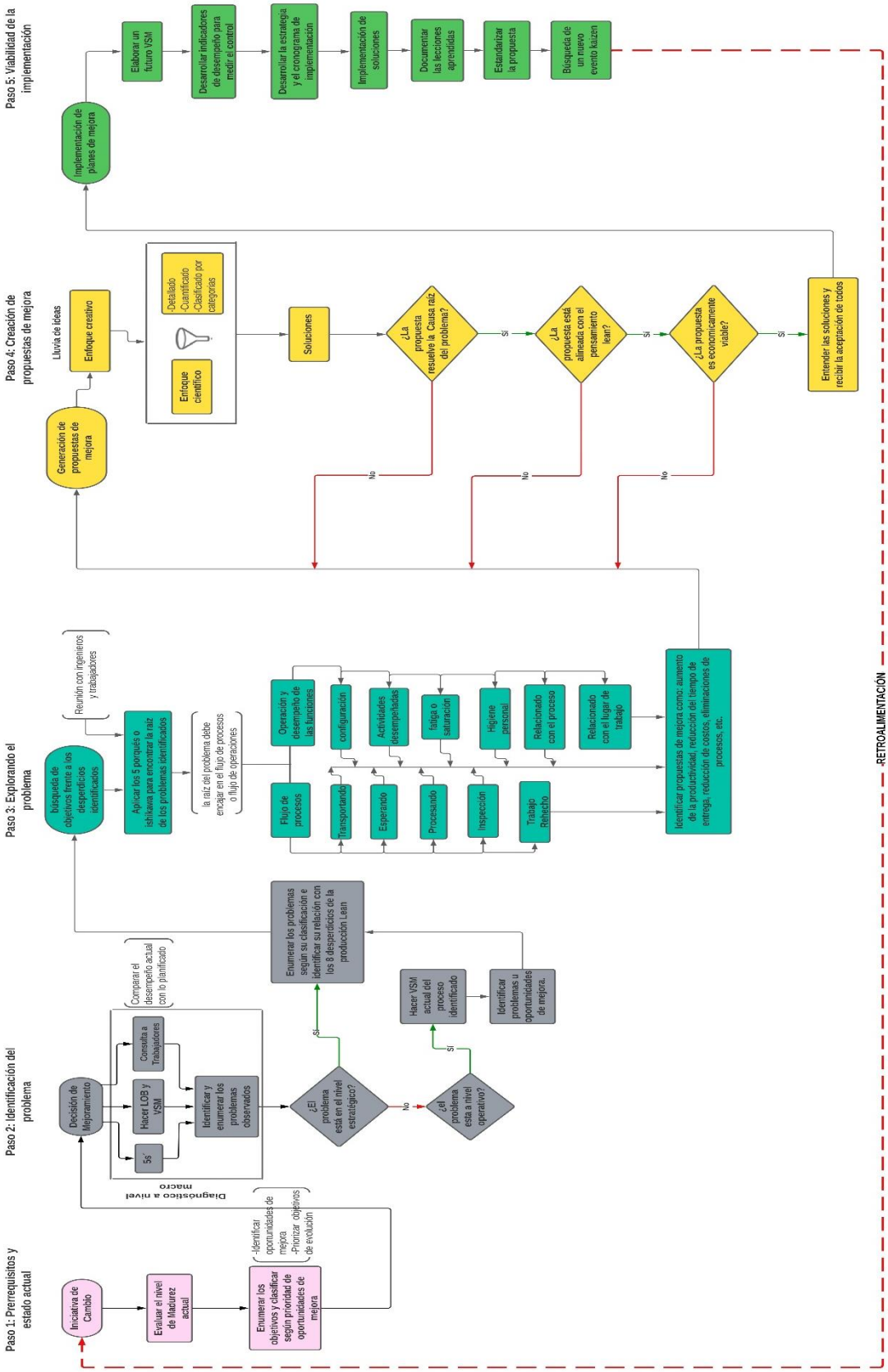
ANEXO I: Flujo de procesos de la construcción de calzaduras durante el evento Kaizen (VSM final).



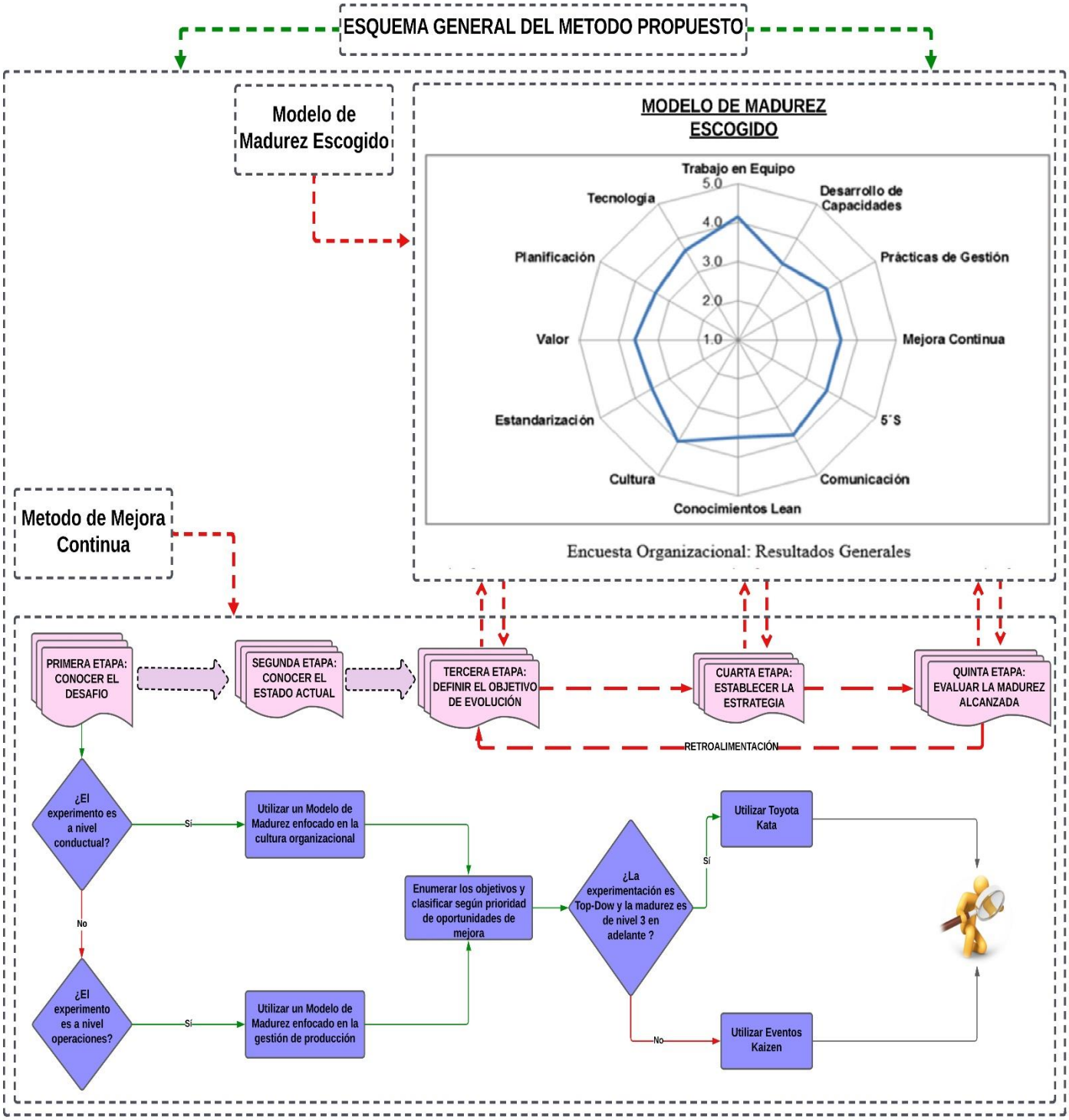
ANEXO J: Calzaduras ejecutadas vs programadas por jornada de trabajo.



ANEXO K: DETALLE DE EVENTO KAIZEN ESTRUCTURADO.



ANEXO L: DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS PARA EL ANÁLISIS DE CONTENIDO

Categoría	Definición
Bibliografia	Se tomará en cuenta la disponibilidad de la bibliografía en la literatura académica. También, se toma en cuenta la calidad de la bibliografía según la rigurosidad de la investigación (Tesis de maestría, Tesis de Doctorado, Artículo de investigación o Institución que lo desarrolló). También, el tipo de revista donde se publicó dicha investigación o repositorio donde fue publicado, nos permite conocer el grado de rigurosidad y filtro académico que sostiene a dicho modelo de madurez.
Evaluación del Contenido	Se tomará en cuenta el grado de detalle y simplicidad en la explicación del funcionamiento del modelo de madurez en el documento de investigación. El mayor puntaje alcanzado sería un modelo de madurez que explique paso a paso la elaboración del modelo y el uso práctico de este modelo.
Complejidad de la Herramienta	Se tomará en cuenta el criterio que utiliza el modelo de madurez para generar un diagnóstico. Los modelos de madurez más complejos para utilizar serán aquellos que deben realizar diversas herramientas para cuantificar un diagnóstico (encuestas, entrevistas al personal, entrevistas semiestructuradas a la gerencia, evaluación interna, evaluación externa, evaluación de conocimientos, inspección en campo, evaluación de subcontratistas, evaluación de proveedores). El modelo de madurez con mayor puntaje será aquel cuya aplicación sea la más simple y ágil de realizar, siempre que vaya acompañado con un sustento lógico-estadístico en la efectividad del diagnostico.
Escala de Resultados	Se tomará en cuenta el criterio de clasificación en la escala de resultados finales del modelo (Niveles de Madurez), el mayor puntaje será aquel modelo que tenga una definición clara de su escalada de calificación final (por nivel de madurez). Por otro lado, el menor puntaje será aquel modelo que no tenga una escala de calificación final (Niveles de Madurez).
Visualización de Resultados	Se tomará en cuenta la representación visual de los resultados finales del Modelo de Madurez. El mayor puntaje corresponde al modelo que utilice una buena gestión visual de los resultados finales, este criterio permite optimizar la transferencia de información a los usuarios. El menor puntaje lo obtendrá el modelo que no tenga ninguna representación visual de los resultados finales.
Encuestas o Instrumentos de Medición	Se tomará en cuenta la facilidad de obtención del total de encuestas o instrumentos que utiliza el modelo de madurez y el detalle de estas para una correcta aplicación. El mayor puntaje corresponde al modelo de madurez que tenga detalladamente todas sus encuestas o instrumentos de evalución para una apliación directa. El menor puntaje lo obtendrá el modelo que no se encuentre las encuestas o instrumentos de medición, de manera transparente en la literatura academica.

ANEXO M: ESQUEMA GENERAL DEL METODO PROPUESTO EN ESTA INVESTIGACIÓN.